T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONYA KOŞULLARINDA GÜNEŞ PİLLERİNİN AYDINLATMA UYGULAMALARINDA KULLANIM İMKANLARI

Öznur SAKA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Konya, 2007

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONYA KOŞULLARINDA GÜNEŞ PİLLERİNİN AYDINLATMA UYGULAMALARINDA KULLANIM İMKANLARI

ÖZNUR SAKA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Bu tez 07.06.2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Cevat AYDIN	Prof.Dr.Mustafa KONAK	Doç.Dr.Sedat ÇALIŞIR
(Danışman)	(Üye)	(Üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KONYA KOŞULLARINDA GÜNEŞ PİLLERİNİN AYDINLATMA UYGULAMALARINDA KULLANIM İMKANLARI

Öznur SAKA

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman : Doç.Dr.Cevat AYDIN

2007, 46 Sayfa

Jüri : Doç. Dr. Cevat AYDIN
Prof. Dr. Mustafa KONAK
Doç. Dr. Sedat ÇALIŞIR

Bu çalışma Konya koşullarında güneş pillerinin aydınlatmada kullanımı imkanlarının araştırılmasını amaçlamıştır. Bu amaçla 30.10.2006 ile 18.04.2007 tarihleri arasında ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümler ve kurulan denemelerle güneş enerjisi elektrik enerjisine çevrilmiş ve kuru tip akümülatörlerde depo edilmiştir. Akümülatörde depolanan enerjinin lamba yakma süresi araştırılmıştır.

Konya koşullarında güneşlenme süresi araştırılmış ve uzun yılların ortalamalarına ulaşılarak ölçülen değerlerle bir karşılaştırma yapılmıştır. Güneşten elektrik elde edip kullanmakla elektrik nakil hattı çektirerek elektrik enerjisi kullanmak arasındaki maliyet ve işletme giderleri hesabı ortaya konmuş ve konunun ekonomik olup olmadığı incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş pili, güneş paneli, aydınlatma, güneş enerjisi

ABSTRACT

Master Thesis

A RESEARCH ON THE USAGE OF SOLAR CELLS AT ILLUMINATION IN KONYA CONDITIONS

Öznur SAKA

Selçuk University

Graduate School Of Natural And Applied Sciences

Department of Agricultural Machinery

2007, 46 Pages

Jurj: Doç. Dr. Cevat AYDIN
Prof. Dr. Mustafa KONAK
Doç. Dr. Sedat ÇALIŞIR

In this research it was aimed to determine the usage of solar cells at illumination in Konya conditions. Measurements were made between the dates 30.10.2006 and 18.04.2007. After the measurement solar energy was converted to electrical energy and was stored in accumulators. The stored energy in the accumulator was used for lightening and the time was measured.

Means of the sunny periods of past years in Konya was investigated and compared with the measurements. At the end the costs of both, solar energy and electrical energy for illumination was calculated to see which one is economical.

Key Words: Solar cell, solar panel, illumination, solar energy

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın planlanmasından yazımına kadar yardımlarını esirgemeyen Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü hocalarına, güneş enerjisi konusunda emeği geçen Yrd. Doç.Dr. Hakan Okyay MENGEŞ'e, gayreti, emeği ve desteği ile bu çalışmama katkıda bulunan danışman hocam Doç. Dr. Cevat AYDIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Konya, 2007

Öznur SAKA

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ……..……..... 1
1.1. Genel…...……. 1
1.2. Konya Hakkında Bilgiler…..……. 2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI …….. 4
2.1. Güneş Enerjisi ve Güneş Pili …...……... 5
2.1.1. Güneş pilleri ve yapısı ……...…….. 8
2.1.1.1. Güneş pillerinin çalışma ilkesi ...…….. 10
2.2. Aydınlatma ve Aydınlatma Çeşitleri …….. 12
2.2.1. Aydınlatılması istenen yerlerin aydınlık düzeyleri……... 13
3. MATERYAL VE METOD……...……. 15
3.1. Materyal ……. 15
3.1.1. Güneş paneli…….……...……. 15
3.1.2. Lüksmetre……..……... 16
3.1.3. Bilgisayar…… ……. 16
3.1.4. Ölçüm cihazı (voltmetre-ampermetre)……...…….. 17
3.1.5. Ölçüm kaydedici program ……..……. 17
3.1.6. Kablo……..……..... 18
3.1.7. Akümülatör…….. 19
3.1.8. Lambalar ……. 19
3.1.8.1. Akkor telli lamba..……. 20
3.1.8.2. Fluoresan lamba ……..……. 20
3.1.8.3. Led lamba…….…….... 21
3.2. Metod……..... 23
3.2.1 Güneş paneliyle elektrik üretilmesi ve ölçümü ……. 23
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI……. 26
4.1. Panel Hesabı ……... 30
5. SONUÇ……..…. 41
6. KAYNAKLAR……..... 44

ÇİZELGELER

Çizelge 2.1	Konya ilinde 1971-2002 yılları arasında aylara göre güneşlenme şiddeti …….	5
Çizelge 2.2	Türkiye'de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süreleri ……	7
Çizelge 2.3	Güneş pillerinde rapor edilmiş en yüksek verimlilikler ……	12
Çizelge 2.4	Bazı çalışma alanlarının aydınlık şiddetleri …..……	14
Çizelge 4.1	Haftalara göre maximum ortalamaları, ortalama akım şiddetleri ve akım gerilimleri...……..	27
Çizelge 4.2	Aylara göre akım şiddeti ve akım gerilimi ortalamaları ve maximum ortalamaları……	27
Çizelge 4.3	Günlere göre ölçülen maximum ve ortalama gerilim değerleri (Volt)……...	28
Çizelge 4.4	Günlere göre ölçülen maximum ve ortalama akım şiddeti (mA)……	29
Çizelge 4.5	Oda indeksine göre oda verimi……	32
Çizelge 4.6	Lambaların güçleri ve ürettikleri ışık akısı ……	32
Çizelge 4.7	Gruplara göre lambaların toplam güç miktarları (12 m^2 alan için) ……	38
Çizelge 4.8	Akümülatörde depolanan elektrik enerjisi ile lamba yakma süreleri ……..…….	40
Çizelge 5.1	Elektrik hattı ve güneş paneli için sabit giderler ve işletme giderleri ……...…	42

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Türkiye'nin güneşlenme haritası …….. 4
Şekil 2.2 Dünyada güneş pili satışları …….. 9
Şekil 2.3 Dünyada kurulu güneş pillerinin kullanım alanlarına göre dağılımı. 9
Şekil 2.4 Güneş pili yapısı ……...…. 11
Şekil 3.1 Güneş paneli …….…. 15
Şekil 3.2 Lüksmetre ……..…….. 16
Şekil 3.3 Ölçüm cihazı (Voltmetre-Ampermetre)....……... 17
Şekil 3.4.a) Ölçüm kaydedici program ……. 18
Şekil 3.4.b) Ölçülen değerler……..... 18
Şekil 3.5 Akümülatör ……... 19
Şekil 3.6 Akkor telli lamba ……..… 20
Şekil 3.7 Fluoresan lamba ……... 21
Şekil 3.8 Çeşitli renklerde led lambalar …….… 22
Şekil 3.9 Güneş paneli ile üretilen elektrik akımının ölçüm ve kayıt şeması.. 24
Şekil 3.10 Güneş paneli ile akümülatör şarj devresi şeması ……. 25
Şekil 3.11 Akümülatörle lamba yakma şeması ……...… 25
Şekil 4.1 Maximum değerlerin ölçüldüğü saatlere göre dağılımı …… 30

1. GİRİŞ

1.1. Genel

Konya ülkemizin tahıl ambarı olarak adlandırılan bir ilimizdir. Tarım arazilerinin ve hububat üretiminin çok olması bu isimle anılmasına sebep olmuştur.

Konya'nın tarım yapılabilen arazi miktarı yaklaşık olarak 13.496.397 da kadardır (Anonymous 2007).

Tarım arazileri yerleşim yerlerinden çok uzaktadır. Buralardaki işletmelerde de arazi, yol, konut, imalathaneler ve diğer tarımsal yapıların aydınlatılması gerekmektedir. İşletmenin güvenliği, işletme içi ulaşımın rahat yapılması için dış aydınlatma, işletme içindeki yapılarda barınma, çalışma, üretim yapma ve diğer faaliyetlerin gece yapılabilmesi içinde iç aydınlatma yapılması gerekmektedir. Kurulacak sera, depo, ambar, hangar, imalathane, konut gibi tarımsal yapı ve tesisler buralara kadar gelen elektrik nakil hattı olmadığından aydınlatmadan yoksundurlar. Bu gibi yapıların aydınlatılması için akla ilk gelen enerji kaynağı elektrik enerjisidir. Ancak elektrik enerjisi istenen her yere masrafsızca götürülemediği için alternatif enerji kaynakları düşünülmelidir. Alternatif enerji kaynakları arasında rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, suyun kinetik enerjisi akla ilk gelenleridir. Bunlar içerisinde rüzgar enerjisi ve suyun kinetik enerjisi coğrafi yapıya ve bu kaynakların bölgedeki varlığına bağlıdır. Güneş enerjisi her yerde bulunan, kullanımı kolay, taşımaya gerek duyulmayan bir enerji çeşididir. Güneş enerjisinden elektrik üretiminin işletme maliyeti neredeyse yok denecek kadar azdır.

Bu çalışmada Konya'da güneş panellerinin aydınlatmada kullanılması üzerine bir araştırma yapmak amaçlandı. Bu sebeple Konya'nın güneş enerjisi potansiyelinden faydalanmak için denemeler kuruldu. Kurulan denemelerde güneş paneli yardımıyla güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisinin gerilimi ve akım şiddeti ölçüldü. Uygulamada elde edilen ve gündüz kullanılmayan fazla elektrik enerjisi akümülatörde depolandı ve depolanan enerji ile aydınlatma çalışmaları yapıldı.

1.2. Konya Hakkında Bilgiler

Konya ili Anadolu Yarımadası'nın ortasında bulunan İç Anadolu Bölgesi'nin güneyinde, şehrin kendi adıyla anılan bölümde yer almaktadır. İlin topraklarının büyük bir bölümü, İç Anadolu'nun yüksek düzlükleri üzerine rastlar. Güney ve güneybatı kesimleri Akdeniz bölgesine dahildir. Konya, coğrafi olarak 36.41' ve 39.16' kuzey enlemleri ile 31.14' ve 34.26' doğu boylamları arasında yer alır. Yüzölçümü 38257 km^2 (göller hariç)'dir. Bu alanı ile Türkiye'nin en büyük yüzölçümüne sahip olan ilidir. Ortalama yükseltisi 1016 m'dir. İdari yönden, kuzeyden Ankara, batıdan Isparta, Afyonkarahisar, Eskişehir, güneyden İçel, Karaman, Antalya, doğudan Niğde, Aksaray illeri ile çevrilidir (Anonymous 2006a).

Konya ili, doğal açıdan kuzeyinde Haymana platosu, kuzeydoğuda Cihanbeyli Platosu ve Tuz Gölü'ne, batısında Beyşehir Gölü'ne ve Akşehir Gölü'ne, güneyinde Sultan Dağları'ndan başlayan Karaman ilinin güneyine kadar devam eden, Toros yayının iç yamaçları önünde bir fay hattı boyunca oluşmuş volkanik dağlara, doğusunda ise Obruk platosuna kadar uzanır (Anonymous 2006a).

Konya ilinde en fazla alana sahip yeryüzü şekli ova ve platolardır. Ovaların tabanlarında yer alan çukur kısımlarında kapalı havzalar oluşmuştur. Yükseltiler az yer tutar, genellikle ilin güneyinde toplanmıştır. Ovalar, platolarla birbirinden ayrılmıştır. Platolar akarsular tarafından fazla derin parçalanmamıştır. Açık havza kısımları da vardır (Anonymous 2006a).

Konya ilinde karasal iklim şartları etkilidir. Karasal iklim şartlarının oluşmasında matematik konumu, yeryüzü şekilleri, yükselti ve hava kütleleri ile cephelerin ortaklaşa etkileri önem arz eder. Konya 326 mm/yıl ile Türkiye'nin en az yağış alan bölümüdür. Bu bölüm içerisinde de Tuz Gölü yöresi daha az yağış alır. Yağışlar daha çok ilkbahar mevsiminde konveksiyonel yağışlar şeklindedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlıdır (Anonymous 2006b).

İç Anadolu Bölgesinin en kurak yöresi olan Konya-Karapınar çevresinde rüzgar erozyonu ile çölü andıran geniş kumullar oluşmuştur. Bu yörenin çevresi erozyon önleme çalışmaları ile kumulların çevreye yayılması önlenmiştir.

İlkbaharda soğuk karasal hava kütleleri doğuya çekilir. Böylece batı yönlü deprosyanların aktivitesi ile Konya ve çevresine yağmurlar yağar. Şayet havada

ısınma ani ve hızlı olursa konvektif yağışlar oluşur. Bu yağışlara "kırkikindi yağmurları" denir (Anonymous 2006b).

Yaz mevsiminde soğuk hava kütleleri kuzeye kayar. Buna karşılık tropikal hava kütleleri etkili olur. Bununla birlikte çöl kökenli hava kütleleri etkisini artırırsa aşırı kurak iklim şartları ortaya çıkar. Ancak bu dönemde kutbi hava kütleleri etki alanını genişletebilirse yağışlar görülebilir (Anonymous 2006b).

Sonbaharda ise havalar değişkendir. Balkanlar üzerinden gelen gezici deprosyanların etkisi ile yağışlar ve kuzey yönlü rüzgarlar görülür.

Kış aylarında kutuplar çevresinde oluşan karasal ve denizel hava kütleleri ile tropikal hava kütleleri Anadolu üzerinde cephe sistemleri meydana getirir. Bu oluşuma bağlı olarak kar yağışları hakim olur (Anonymous 2006b).

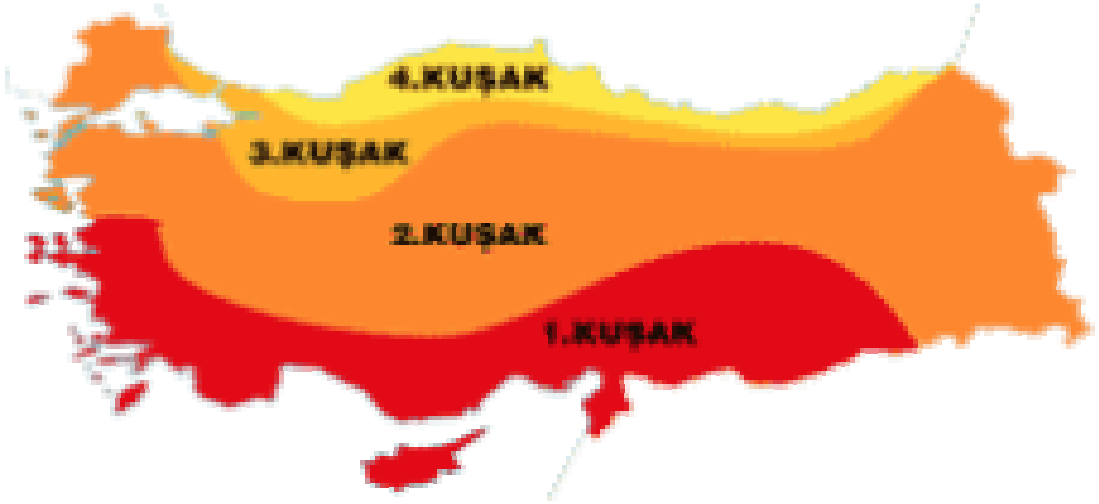
Konya ili içerisinde geniş düzlükler olmakla birlikte ovalar ve platolar arasında iklim elemanlarının değerlerinde farklılıklar olmaktadır. Yüksekliğe bağlı olarak sıcaklık düşmekte, yükseltilerde ise tamamen farklı olmaktadır. Böyle olmakla birlikte iklimle ilgili olarak sadece Konya iline ait ölçümler kullanılınca sonuçlar şöyle görülür.

Konya'da yıllık ortalama sıcaklık 11.5 ^{o}C derecedir. Temmuz ayında ortalama sıcaklık 23 ^{o}C derecedir. Ocak ayında ortalama sıcaklık 0 ^{o}C derece civarındadır. Maksimum sıcaklık 40 ^{o}C derece ve minimum sıcaklık -28.2 ^{o}C derecedir. Sıcaklığın 10 ^{o}C derecenin altına düştüğü gün sayısı ortalama 10 gün, don olaylı gün sayısı ise yaklaşık 100 gündür (Anonymous 2006b).

Kapalı günlerin sayısı 67.2, ortalama nisbi nem % 60 olmaktadır. Yılda ortalama sisli günler 22.9 gündür. Genellikle yağışın % 72'si kış ve ilkbahar aylarında düşer. Yıllık yağışlı gün sayısı toplam 82 gündür. Günlük yağış şiddetinin en yüksek değeri sonbahara; en düşük değeri ise yaz aylarına rastlamaktadır. Yağışlar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde sağanaklar halinde olmaktadır. Yıllık ortalama kar yağışlı gün sayısı 11.8' dir. En çok kar yağışı ocakta görülür (Anonymous 2006b).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Elektrik nakil hattı çekilmesi zor ve ekonomik olmayan tarımsal işletmelerde enerji kaynağı olarak güneş enerjisini kullanmak en iyi çözümlerden birisidir. Konya güneş enerjisi potansiyeli bakımından ülkemizin 2. kuşağında yer almaktadır.



Şekil: 2.1 Türkiye'nin güneşlenme haritası (Anonymous 2004a)

Konya ili için 1971-2002 Yılları arası aylara göre ortalama güneşlenme şiddetleri Çizelge 2.1 de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Konya ilinde 1971-2002 yılları arasında aylara göre güneşlenme şiddeti (Anonymous 2006c)

Aylar	Güneşlenme şiddeti (cal/cm^2 gün)	Güneşlenme şiddeti (W/m^2)
Ocak	175.02	84.8
Şubat	252.78	122.5
Mart	346.06	167.7
Nisan	417.10	202.1
Mayıs	487.60	236.2
Haziran	546.91	265.0
Temmuz	553.50	268.2
Ağustos	503.62	244.0
Eylül	420.09	203.5
Ekim	301.72	146.2
Kasım	207.47	100.5
Aralık	149.85	72.6

Yukarıdaki çizelgeden anlaşılacağı gibi Konya'nın güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir. Özellikle tarımsal faaliyetlerin yapıldığı ilkbahar ve yaz aylarında yıl ortalamalarının üzerinde bulunan güneş radyasyonu değerleri bu aylarda güneş enerjisi ile tarımsal alanların aydınlatılabileceği konusunda bir fikir vermektedir.

2.1. Güneş Enerjisi ve Güneş Pili

Doğan ve ark.'na (2004) göre, yeryüzünden 151.106 km uzaklıkta bulunan güneş, nükleer yakıtlar dışında, dünyada kullanılan tüm yakıtların ana kaynağıdır. İçinde, sürekli olarak hidrojenin helyuma dönüştüğü (587 milyon ton hidrojen 583 milyon ton helyuma dönüşür) füzyon reaksiyonları gerçekleşmektedir ve oluşan kütle farkı (4 milyon ton) ısı enerjisine dönüşerek uzaya yayılmaktadır. Ancak, bu enerjinin çok küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır ($1{,}30 \times 10^{21}$ kW/m^2). Atmosferin dış yüzeyine ulaşan enerji 173×10^{14} kW/m^2 değerindeyken, yeryüzüne

ulaşan değer 1,395 kW/$m^{2'}$ ye düşmektedir. Yeryüzüne ulaşabilen ışınımın değerinin bu kadar düşük olmasının nedeni, atmosferdeki CO_2, su buharı ve ozon gibi gazların ışınımı absorbe etmelerinin yanı sıra kat etmesi gereken yolun uzunluğudur.

Ceylan ve ark.'na (2005) göre, dış yüzey sıcaklığı 6000 K olarak kabul edilen ve bilinen en büyük siyah cisim olan güneşin yaydığı ışınımın yeryüzüne ulaşabilen miktarı %70 kadardır. Bu eksilmeler ortaya çıkmadan önce, atmosferin dışında ışınım değeri 1367 W/m^2 dir ve bu değer güneş sabiti olarak alınır. Pratik olarak, yeryüzüne ulaşan güneş ışınımı değeri 1000 W/m^2 olarak kabul edilmektedir.

Çıtıroğlu'na (1999) göre, yapılan ölçümlere göre, ülkemizin %63 'ünde 10 ay, %17'sinde ise 1 yıl boyunca güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür.

Güneş enerjisinden ekonomik olarak yararlanabilmek için, "Güneş Kuşağı" da denilen, 45^o kuzey-güney enlemleri arasında yer almak gerekmektedir. Yapılan ölçümler, güneşlenme zamanı ve ışınım şiddeti açısından, ülkemizin yüksek bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Ülkemizde ortalama olarak, yılda 2640 saat güneşlenme zamanı olduğu bildirilmiştir (Anonymous 2004b).

1839'da Edmond BECQUAREL tarafından güneş ışığının elektrik üretebildiği fark edildi. 1950 yılına kadar, laboratuarlarda süren araştırmalar 1954'de % 4 verimli ilk güneş hücresinin üretilmesi ile ticari değer kazanmaya başladı. 1958 de bir Amerikan uydusu ilk kez ihtiyacı olan tüm enerjiyi güneşten elde ediliyordu. 1975'de üretilen ilk güneş panelinin W başına maliyeti 750 dolar civarındaydı (Anonymous 2004b). Günümüzde büyük kristalli silikon güneş panelleri için fabrikaların siparişler fabrika dışı fiyatları 4 – 5 ABD$/W kadardır (Anonymous 2005a). Çalışma ömürleri 50 yıla kadar uzamıştır (Anonymous 2004b).

Türkiye genelinde güneş enerjisi ile ilgili bazı ölçümler DMİ (Devlet Meteoroloji İşleri) Genel Müdürlüğünce 1935 yılından beri sürdürülmektedir. Özbalta'ya (1999) göre ülkemiz güneş kuşağı adı verilen ve güneş enerjisince zengin bir bölgede yer almasına karşın güneş enerjisinden yeteri kadar faydalanılamamaktadır. Ülkemizde yıllık güneş enerjisi şiddeti 1311 kWh/m^2 olarak belirlenmiştir. Türkiye genelinde ve bölgeler bazında maksimum güneşlenme

temmuz ayında, minumum güneşlenme ise aralık ayında olmaktadır. Türkiye'nin en fazla güneş alan bölgesi Güneydoğu Anadolu olup bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Buna göre Türkiye'nin tüm yüzeyine yılda gelen toplam güneş enerjisi miktarı 1016 x 10^{12} kWh olmaktadır.

Türkiye güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin bölgesel bazda dağılımı yönünden her türlü güneş enerjisi uygulamaları için uygun bir ülke durumundadır.

Pamir (2003), bölgelerimize göre güneş enerjisi potansiyelinin dağılımını incelemiş, yıllık ortalama güneş enerjisi şiddetinin Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde 1491.2 kWh/m², Akdeniz Bölgesi'nde 1452.7 kWh/m², İç Anadolu Bölgesi'nde 1432.6 kWh/m², Ege Bölgesi'nde 1406.6 kWh/m², Doğu Anadolu Bölgesi'nde 1398.4 kWh/m², Marmara Bölgesi'nde 1144.2 kWh/m² olduğunu belirtmiştir. Yıllık ortalama güneş enerjisi şiddetinin en düşük (1086.3 kWh/m²) olduğu bölgemiz ise Karadeniz Bölgesi'dir.

Özbalta'ya (1999) göre, güneşlenme süreleri dikkate alındığında Güney Anadolu Bölgesi'nin yılda 3015.8 h ile en zengin bölgemiz olduğu görülmektedir. Akdeniz Bölgesi'nde 2923.2 h, Ege Bölgesi'nde 2726.1 h, İç Anadolu Bölgesi'nde 2711.5 h güneşlenme süresi görülürken, Doğu Anadolu Bölgesi'nde 2692.5 h, Marmara Bölgesi'nde 2525.7 h, Karadeniz Bölgesi'nde ise 1965.9 h olarak saptanmıştır.

Çizelge 2.2 Türkiye'de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süreleri (Pamir 2003).

BÖLGE	Güneşlenme şiddeti			Güneşlenme süresi		
	Yıllık Ort. kWh/m^2.yıl	Maksimum kWh/m^2.ay	Minimum kWh/m^2.ay	Yıllık ort. h/yıl	Maksimum h/ay	Minimum h/ay
Güneydoğu Anadolu	1491.2	188.1	49.6	3016	407	126
Akdeniz	1452.7	176.6	48.9	2923	360	101
İç Anadolu	1432.6	176.6	42.2	2712	381	98
Ege	1406.6	168.7	40.9	2726	371	96
Doğu Anadolu	1398.4	182.8	48.6	2693	373	165
Marmara	1144.2	166.9	33.4	2528	351	87
Karadeniz	1086.3	141.7	34	1966	273	82

2.2.1. Güneş pilleri ve yapısı

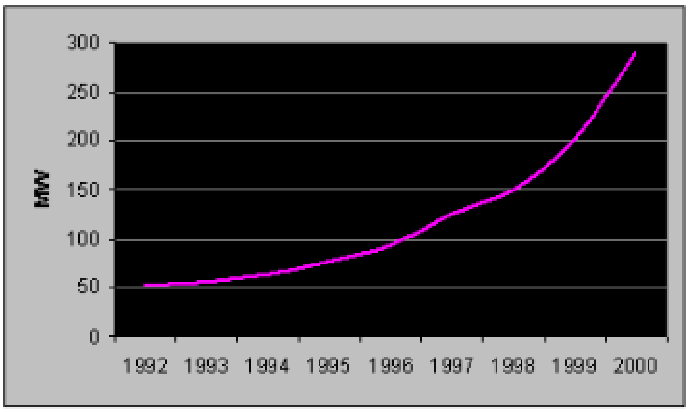
Güneş ışığını enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken düzeneklere güneş pili denir. Güneş pili bir fotovoltaik diyot olup, üzerine ışık düştüğünde iki uç arasında potansiyel farkı (voltaj) ortaya çıkarır. Ancak bir güneş pilinden elde edilebilecek gerilim çok düşüktür (3-5 A, 0.5 - 1 V). Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle 100 cm^2 civarında kalınlıkları ise 0.2-0.4 mm arasındadır. Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı yüzeyine gelen güneş enerjisidir (Anonymous 2006d).

Güneş pillerinin verimi kullanılan malzemenin cinsine, katkı malzemelerine ve geometrisine bağlıdır. Ayrıca ışınım şiddeti, dalga boyu, ortam sıcaklığı ve çekilen elektrik enerjisi de güneş pillerinin verimini etkiler. Güneş enerjisi güneş pilinin yapısına bağlı olarak %5 ile % 20 arasında bir verimlilikle elektrik enerjisine çevrilebilir (Anonymous 2006d).

Silikon katmanlı güneş pillerinin en düşük maliyetlerinin hesaplanması günümüz pazarının fiyat standartlarına göre yapılmış ve 25-30 cent/kWh değeri elde edilmiştir (Li, 1997).

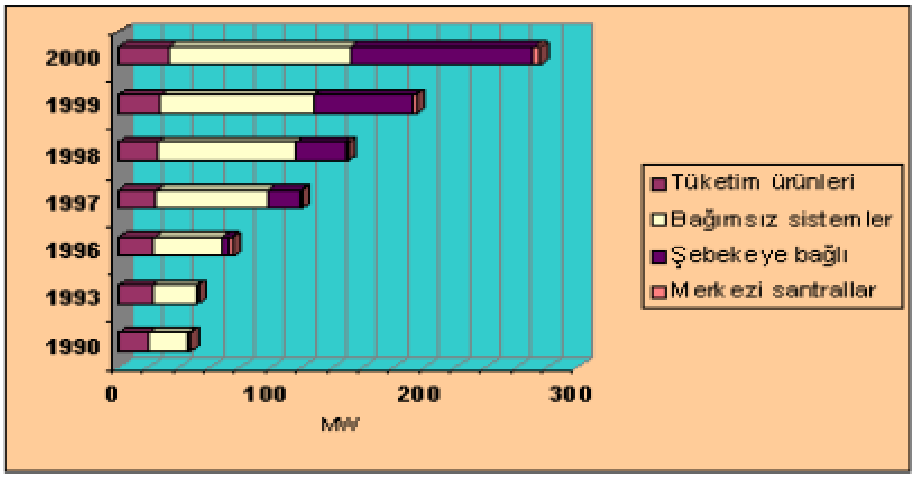
Bizzari ve Morini (2007), ince filmli güneş modüllü için güneş panellerinin ömrü boyunca 2000 kWh/m^2, tek kristalli silikon cihazların ömrü boyunca ise 4400 kWh/m^2 elektrik tasarrufu sağlandığını belirtmiştir.

Dünyada 10.000 den fazla güneş paneliyle çalışan su pompaj tesisi ve 2000 kadar aşı soğutucusu bulunmaktadır (Anonymous 2006d).



Şekil 2.2 Dünyada güneş pili satışları (Çetin 2004)

Şekil 2.2 de 1992-2000 yılları arasında dünyada güneş pili kullanımına ilişkin grafik yer almaktadır. Bu grafikte görüldüğü gibi 1992 yılında 50 MW kadar olan güneş pili kullanım gücü 2000 yılında 300 MW'a kadar gelmektedir. 8 yıl gibi kısa bir sürede güneş pillerinin kullanımı 6 kat artmıştır. Dünya bu alternatif enerjinin farkına varmaya başlamıştır.



Şekil 2.3 Dünyada kurulu güneş pillerinin kullanım alanlarına göre dağılımı (Çetin 2004)

Şekil 2.3 de yer alan grafikte dünyada kurulu güneş pillerinin kullanım alanlarına göre dağılımı yer almaktadır. 1990 yılında 40 MW toplam güce sahip pillerin yarısı tüketim ürünlerinde direk kullanılmakta iken diğer yarısı bağımsız sistemlere enerji sağlamaktadır. 1996 yılından itibaren güneş pillerinin bağımsız sistemlere enerji sağlama oranı artmış ve 1997 yılından itibaren de şebekeye bağlı güneş pilleri 30 MW kadar güç üreterek bu alanda yerini almış ve 2000 yılında bu güç 120 MW'a ulaşmıştır.

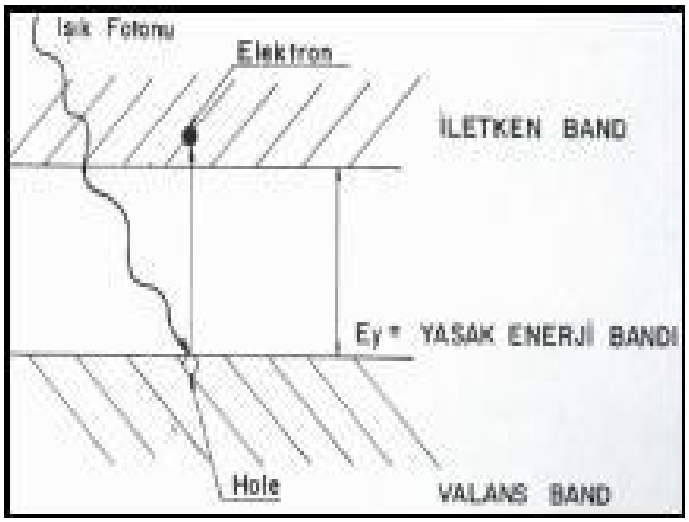
Fotovoltaik sistemlerin çoğunda, güneş ışığından alınan enerji, modüller aracılığıyla toplanarak, gece veya bulutlu günlerde kullanılabilmek için kimyasal enerjiye dönüştürülerek akümülatörlerde depolanır. Ayrıca, eğer pillerden alınan güç, istenen miktarda değilse, aradaki fark akülerden karşılanabilir.

2.1.1.1. Güneş pillerinin çalışma ilkesi

Tek kristalli silisyum güneş pilinin rengi koyu mavi olup, ağırlığı 10 g'dan azdır. Şekil 2.4'den görülebileceği gibi, pilin üst yüzeyinde, pil tarafından üretilen akımı toplayacak ve malzemesi genellikle bakır olan ön kontaklar vardır. Bunlar negatif kontaklardır. Kontakların altında 150 mm kalınlığında, yansıtıcı özelliği olmayan bir kaplama tabakası vardır. Bu tabaka olmazsa, silisyum, üzerine düşen ışınımın üçte birine yakın kısmını yansıtacaktır. Bu kaplama tabakası, pil yüzeyinden olan yansımayı önler. Pilin ön yüzeyi, normal olarak yansıyan ışığın bir kısmını daha yakalayabilmek amacıyla, piramitler ve konikler şeklinde dizayn edilmiştir. Yansıtıcı olmayan kaplamanın altında, pilin elektrik akımının ortaya çıktığı yapı bulunur. Bu yapı, iki farklı katman halindedir. N-katmanı, fosfor atomları eklenmiş silisyumdan oluşan ve pilin negatif tarafını oluşturan katmandır. P-katmanı ise, bor atomları eklenmiş silisyumdan oluşmuş, pilin pozitif tarafıdır (Anonymous 2006d).

Güneş pilleri, pozitif ve negatif iki ayrı katmandan oluşur. Atom yapısında bir fazla elektron olan üst katmanın fazla elektronu, güneş ışınlarının fotonlarıyla uyarılması sonucu, alt katmanda atom yapısı bir elektron eksik katmana ilerleme

eğilimi gösterir. İşte bu üst katmandan alt katmana doğru akan elektronlar uygun devrelerle toplandığında elektrik akımı oluşur. Güneş pilleri güneş ışığını doğru akım olarak elektrik enerjisine çevirirler. Elde edilen elektrik doğru akım olarak kullanılabildiği gibi, alternatif akıma dönüştürülerek de kullanılabilir veya daha sonra kullanılmak amacıyla depolanabilir. Temel olarak güneş pili yakıtı güneş enerjisi olan, hareketli parçaları olmayan ve çevreye zararlı atıklar içermeyen bir elektrik üretim düzeneğidir (Anonymous 2006d) .



Şekil 2.4 Güneş pili yapısı (Anonymous 2006d)

Fraunhofer Enstitüsü tarafından yapılan en yüksek verimlilikler Çizelge 2.3 de verilmiştir.

Çizelge 2.3 Güneş pillerinde rapor edilmiş en yüksek verimlilikler (Anonymous 2004c)

Fotovoltaik Pilin Cinsi	Alan (cm^2)	Verimlilik (%)	Üretilen Birim
Tek Kristalli Silisyum	4.00	24	UNSW,Sydney Avustralya
Çok kristalli Silisyum	21.2	17.4	ISE, Freiburg, Almanya
Amorf Silisyum	1	14.7	United Solar
Cu/In, Ga)Se2	0.4	17.7	NREL, USA
GaAS Tek kristal	1	23.9	K.Univ,Nijmegen Hollanda

2.2. Aydınlatma ve Aydınlatma Çeşitleri

Yaşamımızın her safhasında ışık vardır. Işık olmadan görmemiz mümkün değildir. İnsanların ve görme yeteneği olan diğer canlıların cisimleri görmesi için gerekli ışığın sağlanmasına "aydınlatma" denir (Anonymous 2005b). Aydınlatma değişik çeşitlerde yapılmaktadır. Bunlar;

1- Doğal aydınlatma: Ana kaynağı güneş olan günışığının, görsel konfor gereksinmelerini karşılamak üzere tasarlanan aydınlatma sistemi olarak tanımlanabilmektedir.

2- Yapay aydınlatma: Yapma ışık kaynaklarından üretilen ışığın, görsel konfor gereksinmelerini karşılamak üzere tasarlanan aydınlatma sistemi olarak tanımlanabilmektedir.

3- Bütünleşik aydınlatma; görsel konfor gereksinmelerini karşılamada, günışığının yetersiz kaldığı durumlarda takviye edici olarak yapma ışığın kullanıldığı aydınlatma sistemi olarak tanımlanabilmektedir.(Anonymous 2006e)

Aydınlatma yapılacak olan yerin durumuna göre de aydınlatma ikiye ayrılmaktadır. Bunlar;

1- İçsel aydınlatma: Çeşitli yapısal öğelerle dış çevreden ayrılmış, iç mekânların aydınlatılmasıdır.

2- Dışsal aydınlatma: Bina dışı çeşitli ölçekteki yapma çevrenin aydınlatılmasıdır (Anonymous 2005b, Anonymous 2006e).

Tarımsal aydınlatmada içsel ve dışsal olarak çeşitlere ayrılmaktadır. İçsel aydınlatma yapılacak yerler; Büro, atölye, depolar, ambarlar, hangarlar, ahırlar, kümesler, konutlar, vb. kapalı mekânlardır. Buralarda güneş ışığının yeterli olduğu zamanlarda aydınlatma yapılmaz. Ancak güneş ışığının yeterli olmadığı zamanlarda ya bütünleşik aydınlatma veya yapay aydınlatma yapılır. Yapay aydınlatma genellikle geceleri yapılmaktadır.

Tarımsal aydınlatma çerçevesince dışsal aydınlatma yapılacak yerler ise genellikle açık alan denilen yollar, hayvan barınaklarının etrafı, padoklar, avlular, siloların etrafı, yarı açık hangarlar, vb. alanlardır.

Bunların dışında eğer güvenlik açısından veya diğer sebeplerle aydınlatılması istenen yerler varsa buralarda da aydınlatma yapılabilir.

Işık akısı : Işık kaynağından verilen ve göz hassasiyeti ile değerlendirilen, ışıyan güçtür. Birimi Lümen'dir (lm) ve Ø ile gösterilir (Gökoğlan 2006).

Işık miktarı : Işık işi demektir, yani belirli bir zamandaki ışık akısını gösterir. Q ile gösterilir ve Q= Ø . t ile ifade edilir (t = zaman) (Anonymous 2005c).

Işık şiddeti : Bir ışık kaynağı, ışıksal akısını genelde çeşitli yönlere ve değişik şiddette yayar. Belli bir yönde yayılan ışığın yoğunluğu, ışıksal şiddet olarak adlandırılır. I ile gösterilir ve birimi Candela (Cd) dır (Anonymous 2005c).

Aydınlık (Aydınlatma şiddeti): Birim yüzeye düşen ışık akısıdır. E ile gösterilir ve birimi Lüx (lx)'tür. 1 m^2 ye 1 lm ışık akısının düşmesi durumunda 1 lx' lük bir aydınlatma yapılmış olur (Anonymous, 2006f).

Lamba verimi : Elektriksel gücün ışıksal güce dönüşme oranıdır (lm / W) ve ɻ şeklinde gösterilir (Anonymous 2006f).

2.2.1. Aydınlatılması istenen yerlerin aydınlık düzeyleri

Yaşadığımız çevre içinde çok değişik yerlerde çalışma, dinlenme ve barınma durumundayız. İnsan olarak bu çeşitliliğe ayak uydurmak kolay değildir. Özellikle çalışma ortamlarındaki aydınlık düzeyleri çalışma verimini ve başarısını

etkilemektedir. Bu yüzden çalışma ortamlarındaki aydınlık düzeyleri İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü ile 14765 Sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak burada bahsedilen aydınlık düzeylerinin sağlanması kanunla zorunlu hale getirilmiştir. Bu aydınlık düzeyleri Çizelge 2.4 de verilmiştir.

Çizelge 2.4 Bazı çalışma alanlarının aydınlık şiddetleri (Anonymous 1974)

Aydınlatılması istenen yer	Aydınlık şiddeti(Lx)
Bürolar, idareci odası	250
Muhasebe odası, okuma salonu	500
Konut	100-200
Mutfak	300-500
Atölyeler	300-750
Laboratuar	500
Yollar, dış mekanlar, geçitler	20
Merdivenler, açık alanlar	20

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Güneş paneli

Güneş ışığını elektrik enerjisine çevirmeye yarayan yarı iletken maddeden yapılmıştır. Silisyumlu, tek kristal yapıdadır. 29 cm x 14 cm boyutlarındadır (406 cm^2 = 0,0406 m^2). Panel, Konya'nın enlem derecesinin 36.52 derece olması sebebiyle yeryüzüyle yatayda 36.52 derece açı yapacak şekilde güneşi direk görebilen, rüzgara açık bir yere yerleştirilmiştir.



Şekil 3.1 Güneş paneli

3.1.2 Lüksmetre

Bir yerdeki ışık miktarını ölçmeye yarar. Lutron markalı, Lx-101 modelli, 0-50000 x 100 lx ölçüm aralığına sahip elektronik cihazdır.



Şekil 3.2 Lüksmetre

3.1.3. Bilgisayar

Pentium 4 işlemci, 2.4 Ghz işlemci hızına sahip, 512 MB RAM bellekli, Windows XP işletim sistemli, 17'' ekran monitör, klavye ve mouse adlı yardımcı parçalardan oluşan elektronik cihazdır.

3.1.4. Ölçüm cihazı (voltmetre-ampermetre)

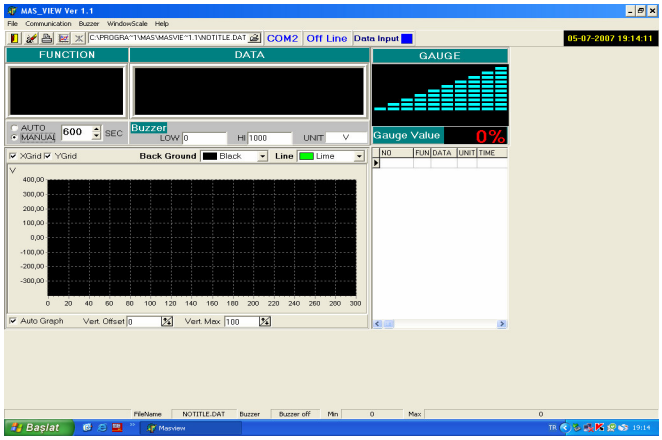
Güneş panelinden alınan elektrik akımının gerilimini ve şiddetini ölçmeye yarayan dijital göstergeye sahip ve bilgisayara bağlanabilme özelliği olan elektronik bir cihazdır. Çalışma voltajı 9 V olup ölçüm aralığı 0 - 15 A, 0-220 V' dur.



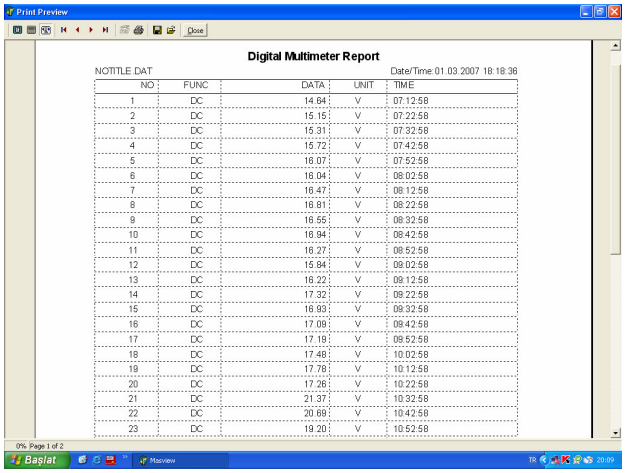
Şekil 3.3 Ölçüm cihazı (Voltmetre-Ampermetre)

3.1.5. Ölçüm kaydedici program

Güneş panelinin ürettiği akımının gerilimini ölçen voltmetredeki ölçüm sonuçlarını bilgisayar hafızasına 1 s ile 999 s aralıkları ile kaydetme ve bu verileri istenildiğinde grafik olarak da verebilme özelliklerine sahip bir bilgisayar programıdır.



Şekil 3.4.a) Ölçüm kaydedici program



Şekil 3.4.b) Ölçülen değerler

3.1.6. Kablo

Güneş panelinin ürettiği elektrik akımını ölçüm cihazına ve ölçüm cihazından da bilgisayara aktarılmasını sağlayan çift kanallı, 0.75 mm çok telli tesisat kablosudur.

3.1.7. Akümülatör

Güneş panelinin ürettiği elektrik akımını ihtiyaç duyulan zamanda kullanılmak üzere depolayan, şarj edilebilir özellikte olan, kapasitesi 6 V, 4.5 A maximum şarj kapasitesi 7.5 V ve 1.2 A olan kuru tip akümülatördür. Kuru tip akümülatör bakımı basit ve fiyatı ucuz olduğu için tercih edilmiştir.



Şekil 3.5 Akümülatör

3.1.8. Lambalar

Aydınlatmayı sağlayacak ışığın elde edilmesi için akkor telli lamba, fluoresan lamba ve led lamba kullanılmıştır.

3.1.8.1. Akkor telli lamba

Işık elde etme biçimi ısıl ışımadır. Akkor telli lambada ince helisel telden geçen akım teli ısıtarak akkor haline getirir ve elektrik enerjisi ışınım enerjisine dönüşür. Bu lambalarda meydana gelen ışınımın büyük bir kısmı ısı küçük bir kısmı görünür ışık olarak tezahür eder. Bu sebeple verimleri oldukça düşüktür 10-20 lm/W kadardır. Çalışma gerilimi DC 12 V, güç ihtiyacı 3 W kadar olup çalışma ömrü 1000-2000 saat arasında değişmektedir. (Anonymous 2006g, Anonymous 2006h).



Şekil 3.6 Akkor telli lamba

3.1.8.2. Fluoresan lamba

Işık elde etme biçimi ısıl ışımadır. Bir floresan lamba iki ucunda elektrotlar bulunan cam bir tüpten oluşur. Cam tüpün iç yüzeyi çok ince bir tabaka halinde fosfor ile kaplıdır. Ayrıca cam tüp içerisinde çok az cıva ve biraz da soygaz (Örneğin

Argon) bulunur. Tüpün her iki ucunda bulunan elektrotlara elektrik verildiğinde elektrotlar arasında bir gerilim farkı oluşur. Oluşan bu gerilim tüp içerisindeki civanın bir bölümünün sıvıdan gaz haline geçmesine neden olur. Ayrıca oluşan gerilim elektrotlardan birinden bir elektron koparıp büyük bir hızla tüp içerisinden diğer elektrota doğru hareket etmeye zorlar. Kopan ve yüksek hızla hareket eden elektronlar tüp içerisinde gaz halinde bulunan cıva atomlarıyla çarpışırlar. Çarpışma sonucu cıva atomları ışıma yaparlar. Ancak oluşan ışıma mor ötesidir ve insan gözü tarafından algılanamaz ve bu ışığın aydınlatma yapabilecek görünür bir ışığa dönüştürülmesi gerekir. Bu noktada, cam tüpün iç yüzeyine kaplanan fosfor tozu atomları devreye girer. Fosfor ışığa maruz kaldığında, kendisi de ışık veren bir maddedir. Cıva atomlarının yaptığı ışıma fosfor yüzey tarafından emilir ve insan gözünün algılayabileceği görünür bir ışığa dönüştürür. Çalışma gerilimi 12 V DC, güç ihtiyacı 3 W olup çalışma ömrü çeşidine ve üretici firmaya bağlı olarak 8000-10000 saat arasında değişmektedir (Anonymous 2006g).



Şekil 3.7 Fluoresan lamba

3.1.8.3. Led lamba

Led; İngilizce açılımı Light Emitting Diyote olan (ışık yayan diyot) terimin baş harflerinin bir araya getirilmesiyle oluşmuş bir isimdir. Led lambalar çok düşük

çalışma gerilimine (1.5 - 2.5 V) ve çok düşük akım şiddetine (10-700 mA genellikle 20 mA) sahiptirler. Çalışma ömürleri 50000 saattir (Anonymous 2006ı).

Led lambalar yarı iletken malzemelerdir. Ana maddeleri silikondur. Bir led yapı itibarı ile N ve P tipi yarıiletken katmanlar arasına sandviç edilmiş aktif katman tabakasından ve bunların elektriksel bağlantılarından oluşan bir elemandır .Ledden doğru yönde bir akım geçirildiğinde elektronlar aktif katmanı uyarır ve aktif katmanda ışık üretilir. Üretilen ışık doğrudan veya reflektörden yansıma ile pencere katmanından yayılır (Anonymous 2005d).



Şekil 3.8 Çeşitli renklerde led lambalar

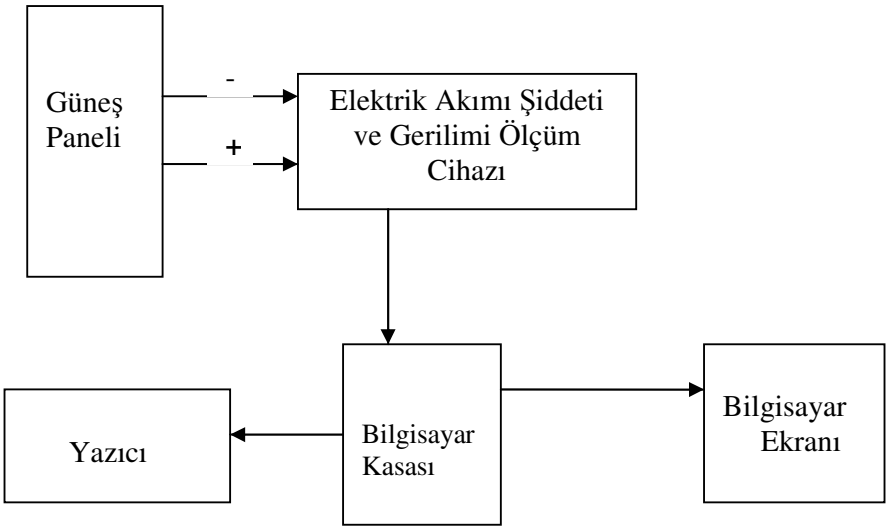
3.2. Metod

3.2.1. Güneş paneliyle elektrik üretilmesi ve ölçümü

Konya ilinde 30.10.2006 - 18.04.2007 tarihleri arasında güneş paneli yardımıyla güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilip ölçümü yapıldı. Güneş paneli güneşi direk gören, rüzgara açık bir balkona yerleştirildi. Güneş paneli önce Konya'nın enlem derecesi 36.52 olduğundan yeryüzüyle panel yatayda 36.52 derece açı yapacak şekilde yerleştirildi.

Güneş panelinin yerleştirme açısı aylara göre hesaplanmış olan deglinasyon açısı üzerinden açı ölçer ve gönye yardımıyla yeniden yapıldı. Bu açılar ölçüm yapılan Ekim ayı için -9.5994 derece, Kasım ayı için -18.9120 derece, Aralık ayı için -23.0496 derece, Şubat ayı için -12.9546 derece, Mart ayı için -2.4177 derece ve Nisan ayı için 9.9149 derecedir. Bu açı dereceleri panelin dikeyle yaptığı açı derecesine ilave edilerek aylık deglinasyon açısı değeri bulundu (Anonymous 2006j).

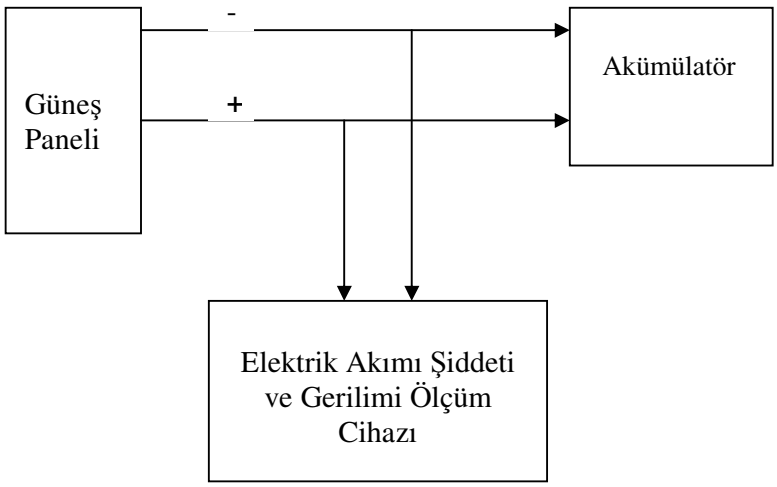
Ölçüm için güneş panelinin çıkışlarına kablo eklendi. Bu kablolar ölçüm cihazının ilgili kutuplarına bağlandı. Ölçüm cihazı USB (Universal Serial Bus, bilgisayar bağlantı noktası) girişi yarımıyla bilgisayara bağlandı ve bilgisayara yüklenen Masview 1.1 programına erişildi. Program yardımıyla ölçüm cihazından gelen değerler istenen süre aralıklarıyla kaydedildi. Bu çalışmada 600 s aralıklarla ölçümler gerçekleştirildi. Yapılan kayıtların çıktısı alınarak çizelge ve grafik haline getirildi.



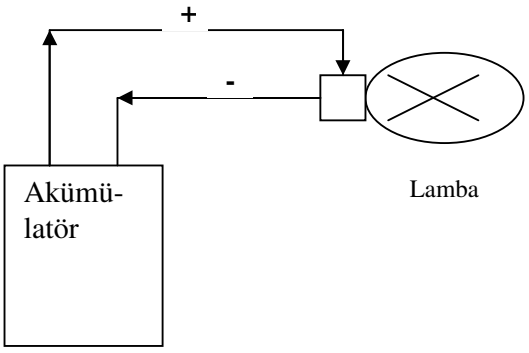
Şekil 3.9 Güneş paneli ile üretilen elektrik akımının ölçüm ve kayıt şeması

Güneş paneli kuru tip aküyü şarj etmek üzere aküye artı kutuplar artıya eksi kutuplar eksiye gelecek şekilde bağlandı. Güneş panelinin ürettiği akımın gerilimi ve şiddeti akünün kapasitesinden büyük olmadığından araya şarj kontrol cihazı konmadı. Akünün boş durumdaki gerilimi (volt) ve akım şiddeti (amper) ölçüldü. Bir gün boyunca şarj edilen akünün gerilimi ve akım şiddeti tekrar ölçüldü. Şekil 3.10 da güneş paneli ile akümülatör şarj edilmesi şematize edildi.

Güneş paneli tarafından gündüz üretilen elektrik enerjisi akümülatörde depolandı. Akümülatöre depolanan elektrikle akkor telli lamba, led lamba ve fluoresan lamba kullanılarak aydınlatma denemesi yapıldı. Yapılan denemelerde Şekil 3.11 deki şemaya bağlı olarak devre kuruldu.



Şekil 3.10 Güneş paneli ile akümülatör şarj devresi şeması



Şekil 3.11 Akümülatörle lamba yakma şeması

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Yapılan bu araştırmada sabah güneş doğmadan önce güneş panelinin ürettiği akımın şiddeti ve geriliminin minimum olduğu, güneşin doğmasıyla birlikte üretilen elektrik akımının şiddetinin ve geriliminin yükseldiği görüldü. Öğleye yaklaşıldıkça ve ikindi saatlerine kadar güneş enerjisinin yoğunluğu en üst düzeylerde olup ikindiden sonra yoğunluğun azaldığı ve günbatımına yakın değerlerin minimuma indiği görüldü.

Gökyüzünün bulutlarla kapalı olduğu günlerde ise güneş enerjisi değeri düşmektedir. Bulutlar tarafından güneş ışığı kırılmakta ve geri yansıyarak kayba uğramaktadır. Gökyüzünün açık olduğu günlerde elde edilen değerler ile kapalı günler de elde edilen değerler arasında yarıya yakın fark olmaktadır. Bazen bu oran daha da fazla olmaktadır.

Gündüzleri hava kapalı olduğunda güneş enerjisinden elde edilen elektrik akımı şiddetinde (amper) olan düşüş oranı akımın geriliminde (volt) olan düşüşten oran olarak daha fazla olmaktadır. Yani havanın kapalı olduğu zamanlarda gerilimde meydana gelen düşüş oran olarak daha az olmaktadır.

Konya, Türkiye de güneşlenme şiddeti bakımından güneydoğu bölgesinden sonra en iyi bölgede yer almaktadır.

Konya da 19.10.2006 günü lüksmetre ile yapılan güneş ışığının aydınlık şiddeti ölçümünde sabah saat 08:30 da 5.000 lx, öğle saatlerinde 12.000 lx, saat 14:30 da 12.500 lx değerleri elde edilmiştir.

Yapılan deneme ölçümlerinden elde edilen haftalık maximum ve ortalama değerler Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Haftalara göre maximum ortalamaları, ortalama akım şiddetleri ve akım gerilimleri.

Haftalar	Ortalama maximum akım şiddetleri (mA)	Ortalama akım şiddetleri (mA)	Ortalama maximum gerilim (V)	Ortalama gerilim (V)
30.10.2006-05.11.2006	48.06	11	20.41	15.54
06.11.2006-12.11.2006	91.03	17.26	20.03	14.18
13.11.2006-19.11.2006	73.6	16	17.12	12.59
20.11.2006-26.11.2006	13.2	8.59	17.38	12.42
27-11.2006-03.12.2006	38.33	9.65	18.43	13.33
04.12.2006-10.12.2006	25.13	8.05	15.8	10.87
11.12.2006-17.12.2006	14.2	8.36	-	-
18.12.2006-24.12.2006	5.4	3.25	-	-
25.12.2006-31.12.2006	25.45	7	-	-
01.03.2007-04.03.2007	120.2	13.53	21.37	16.9
05.03.2007-11.03.2007	120.3	37.98	21.69	16.72
12.03.2007-18.03.2007	75.68	33.78	22.25	16.27
19.03.2007-25.03.2007	137.8	54.8	20.3	15.54
26.03.2007-01.04.2007	-	-	20.96	17.35
02.04.2007-08.04.2007	109.2	37.58	21.09	14.94
09.04.2007-15.04.2007	-	-	21.75	16,65
16.04.2007-18.04.2007	78.26	19.62	-	-

Yapılan ölçümler sonucu aylara göre elde edilen ortalama maximum akım şiddeti ve akım gerilimi ile ortalama akım şiddeti ve akım gerilimi Çizelge 4.2 de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Aylara göre akım şiddeti ve akım gerilimi ortalamaları ve maximum ortalamaları.

Ay	Maximum Ortalamaları		Ortalama	
	Akım gerilimi (V)	Akım şiddeti (mA)	Akım gerilimi (V)	Akım şiddeti (mA)
Kasım	18,38	71,85	13,24	15,54
Aralık	15,8	24,8	10,87	7,55
Mart	19,77	101,6	16,44	35,37
Nisan	21,48	90,64	15,96	26,8

Çizelge 4.3 Günlere göre ölçülen maximum ve ortalama gerilim değerleri (V)

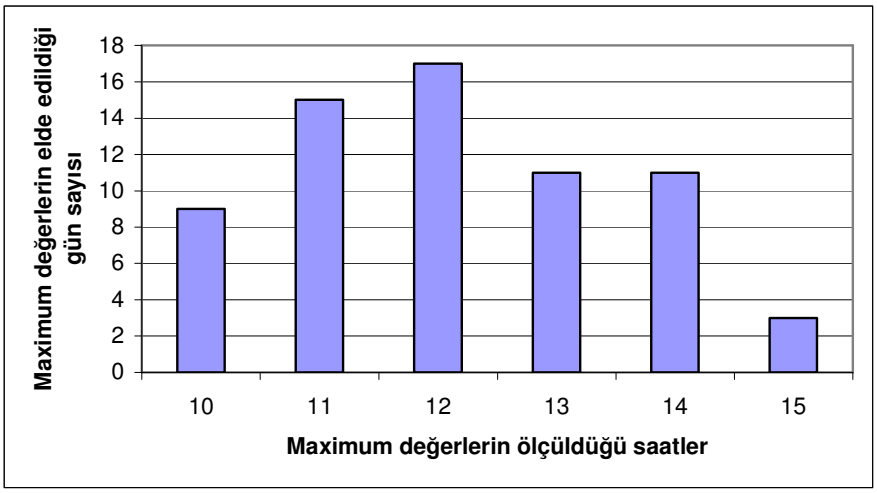
Tarih	Zamanı	Maximum değer (V)	Gün ortalaması (V)
30.10.2006	11:15	18,97	15,48
01.11.2006	10:32	21,86	15,6
07.11.2006	12:10	17,95	12,43
08.11.2006	10:16	22,11	15,94
14.11.2006	09:27	16,04	12,7
15.11.2006	10:32	21,42	17,53
19.11.2006	12:08	13,9	7,54
22.11.2006	10:51	21,02	17,14
25.11.2006	14:26	15,56	12,05
26.11.2006	13:57	15,56	8,07
27.11.2006	12:35	15,88	12,9
29.11.2006	10:31	20,98	13,76
05.12.2006	14:50	15,11	10,4
08.12.2006	12:31	16,5	11,34
01.03.2007	10:32	21,37	16,9
06.03.2007	11:41	23,04	18,05
08.03.2007	14:46	21.36	16,41
10.03.2007	14:42	21,47	15,31
11.03.2007	11:05	20,9	17,14
12.03.2007	15:06	21,27	14,8
13.03.2007	12:00	21,63	15,97
14.03.2007	13:23	22,82	16,28
15.03.2007	11:42	23,29	18,06
20.03.2007	13:20	21,92	16,79
22.03.2007	10:43	18,67	14,29
27.03.2007	14:52	20,96	17,35
02.04.2007	16:50	20,82	14,74
05.04.2007	12:18	21,36	15,14
09.04.2007	12:05	21,6	16,33
12.04.2007	14:14	20,88	16,71
15.04.2007	13:42	22,77	16,91

Çizelge 4.4 de güneş panelinin ürettiği elektrik enerjisinin ölçülen maximum ve ortalama akım şiddetine ait değerler verilmiştir. Burada yer alan maximum değerler, yapılan ölçümlerde kaydedilmiş değerlerin küçükten büyüğe doğru sıralanması sonucu elde edilmiş olup, gün boyunca kaydedilen değerlerin toplanıp ölçülen değer sayısına bölümü ile de ortalama değerler bulunmuştur.

Çizelge 4.4 Günlere göre ölçülen maximum ve ortalama akım şiddeti (mA)

Tarih	Zamanı	Maximum değer (mA)	Gün ortalaması (mA)
31.10.2006	12:23	4,60	1,67
02.11.2006	11:22	134,80	27,52
04.11.2006	13:27	4,80	3,79
06.11.2006	11:14	103,20	19,10
09.11.2006	11:16	99,50	18,19
10.11.2006	11:22	70,40	14,50
16.11.2006	11:19	78,00	14,67
17.11.2006	11:23	65,30	14,56
18.11.2006	10:57	77,50	18,99
20.11.2006	12:36	13,20	8,59
01.12.2006	10:24	21,17	8,51
03.12.2006	11:26	55,50	10,80
04.12.2006	12:34	12,50	6,94
09.12.2006	11:26	51,60	8,06
10.12.2006	12:33	11,30	9,15
14.12.2006	12:53	14,20	8,36
23.12.2006	13:59	5,40	3,25
25.12.2006	13:04	10,40	6,43
26.12.2006	15:13	6,70	3,51
27.12.2006	11:23	76,30	12,35
28.12.2006	13:15	8,40	5,70
01.03.2007	15:32	120,20	13,53
05.03.2007	11:12	111,80	12,55
09.03.2007	12:51	128,70	45,64
10.03.2007	12:22	122,90	48,18
11.03.2007	14:45	117,80	45,57
12.03.2007	12:26	101,00	32,88
13.03.2007	14:50	130,50	34,57
14.03.2007	11:33	102,60	20,12
15.03.2007	14:22	41,00	11,18
16.03.2007	14:17	133,80	70,15
21.03.2007	13:39	137,80	54,80
03.04.2007	12:12	100,10	22,81
04.04.2007	14:37	118,30	52,35
16.04.2007	13:19	99,50	25,45
17.04.2007	13:38	71,00	19,56
18.04.2007	12:20	64,30	13,86

Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4 de görüldüğü üzere maximum değerlerin ölçüldüğü zamanlar güneş ışığının dünyaya dik geldiği zamanda öncesi ve sonrası saatlerde olmaktadır. Şekil 4.1 de ölçüm yapılan günlerde elde edilen maximum değerlerin ölçüldüğü saatlere göre dağılımını gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 4.1 Maximum değerlerin ölçüldüğü saatlere göre dağılımı

Yukarıdaki grafikten anlaşılacağı gibi sabah saat 10:00 ile 15:00 arasında güneşlenme şiddeti maximum seviyelere ulaşmaktadır. Tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu yaz aylarında maximum değerlerin ölçülebileceği zaman aralığı akşam saatleri yönüne uzayacak saat 16:00 da bile ölçüm yapılan gün için maximum değer elde etme imkanı olabilir.

4.1. Panel Hesabı

Tarımsal aydınlatmada kullanılacak gerekli güneş paneli için aydınlatma hesabı yapıldı. Önce aydınlatma için gerekli olan kriterler ve değerleri belirlendi. Bu değerler formülde yerine konulup önce aydınlatılacak alan için gerekli olan toplam lümen miktarı bulundu. Bulunan bu lümen miktarlarını sağlayacak olan lamba çeşitleri seçilip kaç adet lamba kullanılacağı hesaplandı.

Aydınlatma için gerekli olan lümen miktarının bulunacağı formül ;

$E = \frac{Ø}{ג} . S$ (Anonymous 2005e)

E : Gerekli (istenen) aydınlatma şiddeti (lx)

Ø : Gerekli ışık akısı (lm)

S : Alan = (a x b) (m^2)

ג : Oda verimi

Aydınlatmak istediğimiz yerin boyutlarını belirlemek için gerekli bilgiler (Anonymous 2005e)

k : Oda indeksi

a : Odanın eni (m)

b : Odanın boyu (m)

H : Odanın yüksekliği (m)

Hç : Çalışma düzlemi yüksekliği (m)

Hla : Lamba askı yüksekliği (m)

h : Lamba ile çalışma düzlemi arası mesafe (m) (H-(Hç+Hla))

n = Lamba sayısı = Ø / Øla

Øla : Lambanın ışık akısı (lm)

Örnek bir alan ve ortam belirlenip hesaplamaya başlandı.

a = 3 m , b = 4 m , H = 3 m, Hç = 1 m, Hla = 0.3 m,

S = a x b = 3 x 4 = 12 m^2

h = 3 – (1 + 0.3) = 1.7 m

$k = \frac{(a \times b)}{(a+b) \times h} = \frac{3 \times 4}{(3+4) \times 1.7} = \frac{12}{11.9} = \sim 1$

Oda veriminin bulunması için zemin, duvar ve tavana ait yansıtma değerleri kabul edildi. Zemin koyu renkte kabul edilip 0.10, duvar açık renkte ve yansıtma özelliği iyi kabul edilip 0.50, tavan beyaz veya açık renkte kabul edilip 0.80 değerleri bulundu. Kabul edilen bu değerler çizelge 4.5 de bulunup oluşan sütunda yukarıdan aşağıya inildi ve oda indeksiyle (k=1) çakıştıkları hücre oda verimi (ג =0.33) olarak bulundu.

Çizelge 4.5 Oda indeksine göre oda verimi (Anonymous 2005e)

Tavan	0,80				0,50				0,30	
Duvar	0,50		0,30		0,50		0,30		0,10	0,30
Zemin	0,30	0,10	0,30	0,10	0,30	0,10	0,30	0,10	0,30	0,10
Oda indeksi (k)	Oda verimi (ƛ)									
0,60	0,24	0,23	0,18	0,18	0,20	0,19	0,15	0,15	0,12	0,15
0,80	0,31	0,29	0,24	0,23	0,25	0,24	0,20	0,19	0,16	0,17
1,00	0,36	0,33	0,29	0,28	0,29	0,28	0,24	0,23	0,20	0,20
1,25	0,41	0,38	0,34	0,32	0,33	0,31	0,28	0,27	0,24	0,24
1,50	0,45	0,41	0,38	0,36	0,36	0,34	0,32	0,30	0,27	0,26
2,00	0,51	0,46	0,45	0,41	0,41	0,38	0,37	0,35	0,31	0,30
2,50	0,56	0,49	0,50	0,45	0,45	0,41	0,41	0,38	0,35	0,34
3,00	0,59	0,52	0,54	0,48	0,47	0,43	0,43	0,40	0,38	0,36
4,00	0,63	0,55	0,58	0,51	0,50	0,46	0,47	0,44	0,41	0,39
5,00	0,66	0,57	0,62	0,54	0,53	0,48	0,50	0,46	0,44	0,40

Çizelge 4.6 da lambaların güçleri ve ürettikleri ışık akısı miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.6 Lambaların güçleri ve ürettikleri ışık akısı (Anonymous 2005e)

Akkor telli		**Florışıl lamba**		**Led lamba**		
Watt	**Lümen**	**Watt**	**Lümen**	**Led rengi**	**Watt**	**Lümen**
40	410	20	910	Kırmızı	4	115
60	740	25	1380	Yeşil	4,3	150
75	970	40	2300	Mavi	4,3	50
100	1380	65	3500	Beyaz	4,3	150

Bu kısımdan sonra 4 ana aydınlatma grubu oluşturuldu. Bu gruplar oluşturulurken en yaygın aydınlatma yapılan yerlerin aydınlık şiddetleri dikkate alındı. Bu gruplar;

1. Grup 20 lx: Yollar, dış mekanlar, merdivenler, geçitler
2. Grup 250 lx: Konutlar, bürolar
3. Grup 500 lx: Okuma salonları, mutfaklar
4. Grup 750 lx: Atölyeler

1.Grup 20 lx (yollar, dış mekanlar, merdivenler, geçitler) için;

$\Ø = \frac{E}{ɻ} . S$ $\Ø = \frac{20}{0.33} x\ 12$ $\Ø = 727$ lm bulundu.

a) Akkor telli lamba;

* 40 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 410 bulundu. n = Ø / Øla = 727 / 410 = 1,77 adet hesaplandı, 2 adet seçildi.

* 60 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 740 bulundu. n = Ø / Øla = 727 / 740 =1 adet hesaplandı.

* 75 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 970 bulundu. n = Ø / Øla = 727/ 970 = 0,75 adet hesaplandı 1 adet seçildi.

* 100 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 1380 bulundu. n = Ø / Øla = 727/ 1380 = 0,52 adet hesaplandı 1 adet seçildi.

b) Fluoresan lamba;

* 20 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 910 bulundu. n = Ø / Øla = 727 / 910 = 0.8 adet hesaplandı 1 adet seçildi.

* 25 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 1380 bulundu. n = Ø / Øla = 727 / 1380 = 0.52 adet hesaplandı 1 adet seçildi.

* 40 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 2300 bulundu. n = Ø / Øla = 727/ 2300 = 0,31 adet hesaplandı 1 adet seçildi.

* 65 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 3500 bulundu. n = Ø / Øla = 727/ 3500 = 0,20 adet hesaplandı 1 adet seçildi.

c) Led lamba;

* Kırmızı renk 4W için çizelge 3.2'den Øla = 115 bulundu. n = Ø / Øla = 727 / 115 = 6.3 adet hesaplandı 7 adet seçildi.

* Yeşil renk 4.3 W için çizelge 3.2'den Øla = 150 bulundu. n = Ø / Øla = 727 / 150 = 4.84 adet hesaplandı 5 adet seçildi.

* Mavi renk 4.3 W için çizelge 3.2'den Øla = 50 bulundu. n = Ø / Øla = 727 / 50 = 14.54 adet hesaplandı 15 adet seçildi.

* Beyaz renk 4.3 W için çizelge 3.2'den Øla = 150 bulundu. n = Ø / Øla = 727 / 150 = 4.84 adet hesaplandı 5 adet seçildi.

2.Grup 250 lx (konutlar, bürolar) için;

$Ø = \frac{E}{ג} . S$ $Ø = \frac{250}{0.33} x\ 12$ Ø = 9090 lm bulundu.

a) Akkor telli lamba;

* 40 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 410 bulundu. n = Ø / Øla = 9090 / 410 = 22.17 adet hesaplandı 23 adet seçildi.

* 60 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 740 bulundu. n = Ø / Øla = 9090 / 740 = 12.28 adet hesaplandı 13 adet seçildi.

* 75 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 970 bulundu. n = Ø / Øla = 9090/ 970 = 9.37 adet hesaplandı 10 adet seçildi.

* 100 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 1380 bulundu. n = Ø / Øla = 9090/ 1380 = 6.58 adet hesaplandı 7 adet seçildi.

b) Fluoresan lamba;

* 20 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 910 bulundu. n = Ø / Øla = 9090 / 910 = 9.98 adet hesaplandı 10 adet seçildi.

* 25 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 1380 bulundu. n = Ø / Øla = 9090 / 1380 = 6.58 adet hesaplandı 7 adet seçildi.

* 40 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 2300 bulundu. n = Ø / Øla = 9090 / 2300 = 3.95 adet hesaplandı 4 adet seçildi.

* 65 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 3500 bulundu. n = Ø / Øla = 9090 / 3500 = 2.59 adet hesaplandı 3 adet seçildi.

c) Led lamba;

* Kırmızı renk 4 W için çizelge 3.2'den Øla = 115 bulundu. n = Ø / Øla = 9090 / 115 = 79 adet

* Yeşil renk 4.3 W için çizelge 3.2'den Øla = 150 bulundu. n = Ø / Øla = 9090/ 150 = 60.6 adet hesaplandı 61 adet seçildi.

* Mavi renk 4.3 W için çizelge 3.2'den Øla = 50 bulundu. n = Ø / Øla = 9090 / 50 = 181.8 adet hesaplandı 182 adet seçildi.
* Beyaz renk 4.3 W için çizelge 3.2'den Øla = 150 bulundu. n = Ø / Øla = 9090 / 150 = 60.6 adet hesaplandı 61 adet seçildi.

3.Grup 500 lx (laboratuvar, okuma salonları, mutfaklar) için;

$Ø = \frac{E}{ג} . S$ $Ø = \frac{500}{0.33} x\ 12$ Ø = 18180 lm bulundu.

a) Akkor telli lamba;
* 40 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 410 bulundu. n = Ø / Øla = 18180 / 410 = 44.34 adet hesaplandı 45 adet seçildi.
* 60 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 740 bulundu. n = Ø / Øla = 18180 / 740 = 24.56 adet hesaplandı 25 adet seçildi.
* 75 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 970 bulundu. n = Ø / Øla = 18180/ 970 = 18.74 adet hesaplandı 19 adet seçildi.
* 100 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 1380 bulundu. n = Ø / Øla = 18180/ 1380 = 13.17 adet hesaplandı 14 adet seçildi.

b) Fluoresan lamba;
* 20 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 910 bulundu. n = Ø / Øla = 18180 / 910 = 19.97 adet hesaplandı 20 adet seçildi.
* 25 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 1380 bulundu. n = Ø / Øla = 18180 / 1380 = 13.17 adet hesaplandı 14 adet seçildi.
* 40 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 2300 bulundu. n = Ø / Øla = 18180 / 2300 = 7.9 adet hesaplandı 8 adet seçildi.
* 65 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 3500 bulundu. n = Ø / Øla = 18180 / 3500 = 5.19 adet hesaplandı 6 adet seçildi.

c) Led lamba;

* Kırmızı renk 4 W için çizelge 3.2'den Øla = 115 bulundu. n = Ø / Øla = 18180 / 115 = 158 adet

* Yeşil renk 4.3 W için çizelge 3.2'den Øla = 150 bulundu. n = Ø / Øla = 18180 / 150 = 121.2 adet hesaplandı 122 adet seçildi.

* Mavi renk 4.3 W için çizelge 3.2'den Øla = 50 bulundu. n = Ø / Øla = 18180 / 50 = 363.6 adet hesaplandı 364 adet seçildi.

* Beyaz renk 4.3 W için çizelge 3.2'den Øla = 150 bulundu. n = Ø / Øla = 18180 / 150 = 121.2 adet hesaplandı 122 adet seçildi.

4.Grup 750 lx (atölyeler) için;

$Ø = \frac{E}{ƛ} . S$ $Ø = \frac{750}{0.33} x\ 12$ Ø = 27270 lm bulundu.

a) Akkor telli lamba;

* 40 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 410 bulundu. n = Ø / Øla = 27270 / 410 = 66.51 adet hesaplandı 67 adet seçildi.

* 60 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 740 bulundu. n = Ø / Øla = 27270 / 740 = 36.85 adet hesaplandı 37 adet seçildi.

* 75 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 970 bulundu. n = Ø / Øla = 27270/ 970 = 28.11 adet hesaplandı 29 adet seçildi.

* 100 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 1380 bulundu. n = Ø / Øla = 27270/ 1380 = 19.76 adet hesaplandı 20 adet seçildi.

b) Fluoresan lamba;

* 20 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 910 bulundu. n = Ø / Øla = 27270 / 910 = 29.96 adet hesaplandı 30 adet seçildi.

* 25 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 1380 bulundu. n = Ø / Øla = 27270 / 1380 = 19.76 adet hesaplandı 20 adet seçildi.

* 40 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 2300 bulundu. n = Ø / Øla = 27270 / 2300 = 11.85 adet hesaplandı 12 adet seçildi.

* 65 W'lık lamba için çizelge 3.2'den Øla = 3500 bulundu. n = Ø / Øla = 27270 / 3500 = 7.79 adet hesaplandı 8 adet seçildi.

c) Led lamba;

* Kırmızı renk 4 W için çizelge 3.2'den Øla = 115 bulundu. n = Ø / Øla = 27270 / 115 = 237.1 adet hesaplandı 238 adet seçildi.
* Yeşil renk 4.3 W için çizelge 3.2'den Øla = 150 bulundu. n = Ø / Øla = 27270 / 150 = 181.8 adet hesaplandı 182 adet seçildi.
* Mavi renk 4.3 W için çizelge 3.2'den Øla = 50 bulundu. n = Ø / Øla = 27270 / 50 = 545.4 adet hesaplandı 546 adet seçildi.
* Beyaz renk 4.3 W için çizelge 3.2'den Øla = 150 bulundu. n = Ø / Øla = 27270 / 150 = 181.8 adet hesaplandı 182 adet seçildi.

Yapılan bu araştırmada bulunan lamba adetleri için gerekli olan güç miktarları her grup için ayrı ayrı hesaplanarak Çizelge 4.7 de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Gruplara göre lambaların toplam güç miktarları (12 m^2 alan için)

1.Grup 20 lx (yollar, dış mekanlar, merdivenler, geçitler) için									
Akkor telli (W)	**Lamba Sayısı (Adet)**	**Toplam Güç (W)**	**Fluoresan (W)**	**Lamba Sayısı (Adet)**	**Toplam Güç (W)**	**Led**	**W**	**Lamba Sayısı (Adet)**	**Toplam Güç (W)**
40	2	80	20	1	20	Kırmızı	4	7	28
60	1	60	25	1	25	Yeşil	4,3	5	21,5
75	1	75	40	1	40	Mavi	4,3	15	64,5
100	1	100	65	1	65	Beyaz	4,3	5	21,5
2.Grup 250 lx (konutlar, bürolar) için									
Akkor telli (W)	**Lamba Sayısı (Adet)**	**Toplam Güç (W)**	**Fluoresan (W)**	**Lamba Sayısı (Adet)**	**Toplam Güç (W)**	**Led**	**W**	**Lamba Sayısı (Adet)**	**Toplam Güç (W)**
40	23	920	20	10	200	Kırmızı	4	79	316
60	13	780	25	7	175	Yeşil	4,3	61	262,3
75	10	750	40	4	160	Mavi	4,3	182	782,6
100	7	700	65	3	195	Beyaz	4,3	61	262,3
3.Grup 500 lx (laboratuvar, okuma salonları, mutfaklar) için									
Akkor telli (W)	**Lamba Sayısı (Adet)**	**Toplam Güç (W)**	**Fluoresan (W)**	**Lamba Sayısı (Adet)**	**Toplam Güç (W)**	**Led**	**W**	**Lamba Sayısı (Adet)**	**Toplam Güç (W)**
40	45	1800	20	20	400	Kırmızı	4	158	632
60	25	1500	25	14	350	Yeşil	4,3	122	524,6
75	19	1425	40	8	320	Mavi	4,3	364	1565,2
100	14	1400	65	6	390	Beyaz	4,3	122	524,6
4.Grup 750 lx (atölyeler) için									
Akkor telli (W)	**Lamba Sayısı (Adet)**	**Toplam Güç (W)**	**Fluoresan (W)**	**Lamba Sayısı (Adet)**	**Toplam Güç (W)**	**Led**	**W**	**Lamba Sayısı (Adet)**	**Toplam Güç (W)**
40	67	2680	20	30	600	Kırmızı	4	238	952
60	37	2220	25	20	500	Yeşil	4,3	182	782,6
75	29	2175	40	12	480	Mavi	4,3	546	2347,8
100	20	2000	65	8	520	Beyaz	4,3	182	782,6

Çizelge 4.7 de görüldüğü üzere her grup içinde fluoresan lambanın toplam güç gereksinimi diğer lamba çeşitlerine göre daha az olmuştur. 4. grup için 750 lx aydınlık şiddetini sağlayacak olan fluoresan lambanın minimum güç ihtiyacı 480 W olmaktadır. Aydınlatılacak alan 12 m^2 olduğundan metrekareye gerekli minimum güç ihtiyacı 480 / 12 = 40 W olmaktadır.

Yapılan ölçümler sonucu elde edilen maximum akım şiddeti 21.03.2007 günü 13:39 da 137.8 mA olarak, aynı saatlerde gerilim ise 23.2 V olarak ölçüldü. Buradan panelin ürettiği güç N = U. I formülünden bulundu.

N = Üretilen güç (W)

U = Ölçülen gerilim (V)

I = Ölçülen akım gerilimi (A)

Ölçümlerde elde edilen akım gerilimi mA'dir. Formülde akım gerilimi birimi A olarak kullanılması gerektiği için mA değerini A'e çevrildi. Bunun için mA değeri 1000'e bölünerek A olarak değeri bulundu.

137.8 mA / 1000 = 0.1378 A

N = 23.2 x 0.1378 = 3.19 W panelin ürettiği maximum güç, panelin çıkış gücü.

DMİ kayıtlarına göre 21.03.2007 günü saat 13:39 da Konya'da ölçülen güneşlenme şiddeti 43.20 cal/cm^2.h dir. Panelin yüzey alanı 406 cm^2 olduğundan panelin yüzeyine gelen toplam güneş enerjisi;

43.20 cal/cm^2.h x 406 cm^2 = 17539 cal/h bulundu. 860 cal/h =1 W olduğundan

$\frac{17539 \text{ cal/h}}{860 \text{ cal/h}}$ = 20.39 W panelin giriş gücü olarak bulundu.

$$\text{Panelin verimi} = \frac{\text{Panelin çıkış gücü}}{\text{Panelin giriş gücü}} \times 100 = \frac{3.19}{20.39} \times 100 = 15.64$$

Panel güneş ışığını % 15.64 verimle doğru akım şeklinde elektrik enerjisine çevirmektedir.

Gündüz güneşlenmenin olduğu saatlerde güneş panelinin üretmiş olduğu elektrik enerjisi kuru tip akümülatörde depolanmış ve gece saatlerinde depolanan elektrik enerjisiyle akkor telli lamba, fluoresan lamba ve led lamba yakılarak aydınlatma denemesi yapılmıştır. Yapılan denemeler sonucu elde edilen yanma süreleri Çizelge 4.8 de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Akümülatörde depolanan elektrik enerjisi ile lamba yakma süreleri

Tarih	Lamba çeşidi	Yanma süresi (dk)
02.04.2007	Led	51
03.04.2007	Led	43
04.04.2007	Led	56
05.04.2007	Fluoresan	24
09.04.2007	Fluoresan	20
12.04.2007	Fluoresan	25
15.04.2007	Akkor telli	19
16.04.2007	Akkor telli	17
17.04.2007	Akkor telli	21

5. SONUÇ

Konya'nın yüzölçümünün büyük ve tarım arazilerinin yerleşim merkezlerinden uzakta olması sebebiyle elektrik enerjisi buralara kadar getirilememektedir. Ülkemizin ekonomik durumu böyle bir duruma henüz müsaade etmemektedir. Şehir merkezlerinden uzakta bulunan bu arazilerin, tarımsal yapıların ve tarım tesislerinin aydınlatılmasında her yerde bulunan ve ücret ödenmeden kullanılabilen güneş enerjisi kullanılabilir. Güneş enerjisi güvenli, sessiz, masrafsız bir enerji türüdür.

Konya ili güneşlenme süresi ve aldığı güneş radyasyonu bakımından Türkiye'de 2. kuşakta yer almaktadır. Konya da yapılan denemelerde güneşlenmenin sonbahar, kış ve ilkbahar aylarında bile iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Elektrik nakil hattı çekildiğinde kW başına maliyet ile güneş paneli kullanıldığında kW başına maliyet araştırıldı.

Elektrik nakil hattı çekildiğinde 50 kW trafo ve 2000 m hat için toplam yatırım maliyeti EK-1 deki tablodan 40.619 YTL alındı. Tedaş ve Elektrik Mühendisleri Odası verilerine göre tesisatın ekonomik ömrü ortalama 25 yıl olarak belirlendi. Yıllık toplam sabit gider (YTSG): 40.619 YTL / 25 yıl = 1624,76 YTL/yıl hesaplandı. 1 kW için yıllık sabit gider (YSG): 1624,76 YTL/yıl / 50 kW = 32,5 YTL/yıl.kW olarak hesaplandı. Buna göre 50 KVA trafo ve 2000 m hat için yıllık 1 kW'lık sabit gider 32,5 YTL'dir.

1 kW'lık güneş paneli kurulduğunda toplam maliyet EK-2 deki çizelgede 10.641 YTL, yıllık sabit gider ise 349,44 YTL/yıl olarak hesaplanmıştır.

İşletme gideri hesaplamalarında yıllık kullanım süresi olarak ülkemizin yıllık güneşlenme süresi olan 2640 saat esas alındı. Çünkü güneş paneli yıllık güneşlenme süresi boyunca elektrik üretecektir. Elektrik kullanımında işletme gideri hesaplamalarında EK-3 te Tedaş 2007 kayıtlarındaki güç kullanım bedeline vergilerde dahil edilerek 0,158 YTL/kWh alındı.

Elektrik kullanımında yıllık işletme gideri (YİG):

YİG = N x T x P formülünden

N = Trafonun gücü (kW)

T = Yıllık kullanım zamanı (h)

P = Güç bedeli (YTL/kWh)

YİG = 1 kW x 2640 h/yıl x 0,158 YTL/kWh = 417,12 YTL hesaplandı.

Güneş panelinde işletme gideri yoktur.

Yatırım giderleri ve işletme giderlerine ait değerler Çizelge 5.1 de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Elektrik hattı ve güneş paneli için sabit giderler ve işletme giderleri (1 kW için)

Giderin cinsi	Elektrik hattı için	Güneş paneli için
Sabit gider (YTL/yıl)	32,5	349,44
İşletme gideri (YTL/yıl)	417,12	--
TOPLAM (YTL/yıl)	449,62	349,44

Yıllık sabit giderler hesaplanırken faiz ve amortisman giderleri ihmal edilmiş sadece satın alma bedelleri üzerinden değerlendirilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucu güneş panelinin kW başına ilk yatırım gideri elektrik hattının kW başına ilk yatırım giderinin yaklaşık 10 katı kadardır. 1 kW için; elektrik hattı toplam giderinden güneş paneli toplam gideri çıkarıldığında; 449,62 YTL/yıl – 349,44 YTL/yıl = 100,18 YTL/yıl güneş panelinin avantajlı olduğu görülmüştür.

Elektrik hattı için gereken proje ve abonelik maliyetleri hesaba katıldığında aradaki oran güneş paneli lehine biraz daha düşecektir. Elektrik hattı çekilmesi güneş paneli kurulmasından daha uzun bir zamanda yapılacaktır.

Günümüzde fosil kaynaklı yakıtların rezervleri giderek azalmaktadır. Bu kaynaklara sahip olan ülkelerin alternatif enerji kaynağı olarak seçtiği kaynaklardan birisi güneş enerjisidir. Güneş panelleri yardımıyla güneş enerjisinden elektrik üretip her alanda kullanmak mümkündür. Güneş panellerinin seri ve paralel bağlanmasıyla istenen güçte elektrik akımı üretilebilmektedir. Güneş panelleri istenilen yere taşınabilir ve kurulumu kolaydır.

Yapılan bu çalışmada elektrik enerjisinin tarım arazilerine ulaştırılmasının zor ve masraflı olduğu ülkemizde işletme maliyeti az, temiz ve güvenli olan güneş enerjisinin kullanımının güneş paneli teknolojisindeki gelişmelerde dikkate alınarak uygun olduğu söylenebilir.

6- KAYNAKLAR

Anonymous, 1974. 14765 Sayılı Resmi Gazete İşçi Sağılığı ve İş Güvenliği Tüzüğü.

Anonymous, 2004a. http://www.sunpowerltd.com.

Anonymous, 2004b. http://www.erengezgin.org

Anonymous, 2004c. http://www.youthforhab.org.tr.

Anonymous, 2005a. Türkiye Kalkınma Bankası Gelişmekte Olan Dünyanın Kırsal Alanlarında Fotovoltaik Uygulamaları

Anonymous, 2005b. http://www.ekenci.com.

Anonymous, 2005c. http://www.veksan.com.

Anonymous, 2005d. http://www.hedefelektrik.com.

Anonymous, 2005e. http://www.emo.org.tr, Elektrik Mühendisleri Odası Web Sitesi.

Anonymous, 2006a. http://www.konya.gov.tr, Konya Valiliği Web Sitesi.

Anonymous, 2006b. Devlet Meteoroloji İşleri Verileri.

Anonymous, 2006c. Konya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Verileri.

Anonymous, 2006d. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Verileri.

Anonymous, 2006e. http://www.agid.org.tr, Aydınlatma Gereçleri İmalatçıları Derneği.

Anonymous, 2006f. http://www.lisefizik.com.

Anonymous, 2006g. http://www. avonni.com.

Anonymous, 2006h. Üstün Avize Ürün Kataloğu.

Anonymous, 2006ı. http://www.antrak.org.tr.

Anonymous, 2006j. Yrd. Doç.Dr. Hakan Okyay MENGEŞ, özel görüşme.

Anonymous, 2007. Tarım İl Müdürlüğü Verileri.

Bizzarri, G., Morini, G.L., 2007. A Life Cycle Analysis of Roof İntegrated Photovoltaic Systems International Journal of Environmental Technology and Management, Vol. 7, No.1/2 pp. 134 - 146.

Ceylan, İ., Aktaş, M., Doğan, H., 2005. Doğal Dolaşımlı, Dolaylı ve Farklı Tipteki Güneş Enerjisi Sistemlerinin Deneysel Karşılaştırılması, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7 (1): 77-85.

Çetin, E., 2004. Güneşten Fotovoltaik Etki ile Elektrik Enerjisi Üretiminin Dünyadaki ve Türkiye'deki Durumu, 3e Electrotech Dergisi.

Çıtıroğlu, R. A., 1999. Alternatif Enerji Kaynakları, Ders Notu, yayınlanmamış.

Doğan, H., Aktaş, M., Menlik, T., 2004. Güneş Enerjisi Sistemlerinde Kanatçık Yüzeyindeki Sıcaklık Dağılımının Sonlu Farklar Metodu İle Analizi, Karaelmas Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi, 7 (3): 407-414.

Gökoğlan, K. O., 2006. Aydınlatma Tekniği ve Asansördeki Uygulama Alanları, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Asansör Sempozyumu Bildirisi.

Li, J., 1997. The Cost Estimate For A Novel Cheap Solar Cell. Solar Energy Materials and Solar Cell. Vol 46, pp.133-136.

Özbalta, N., 1999. Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Uygulamalar, Enerji Dünyası, Sayı 20.

Pamir, A.N., 2003. Dünya ve Türkiye'de Enerji, Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları, Metalurji Dergisi, Temmuz .

EKLER

EK- 1. Elektrik nakil hattı maliyet çizelgesi

EK- 2. Güneş paneli maliyet çizelgesi

EK- 3. Tedaş 2007 yılı tarifeler çizelgesi

EK-1

TRAFO GÜCÜ: 50 KVA HATTIN

UZUNLUGU: 2000 M DİREK

SAYISI: 19

(2006 TEDAŞ BİRİM FİATLARINA GÖREDİR.)

SIRA NO	POZ NO	MALZEME VEYA İŞİN CİNSİ	ÖLÇÜ BİRİMİ	MİKTAR	MALZEME BİRİM FİATI	MALZEME TUTARI	MONTAJ BİRİM FİATI	MONTAJ TUTARI	TOPLAM
1	3.1.2	Daire kesitli bara, 8 mm çap, 0.45 Kg/m	Kg	10	8,13	81,30	9,54	95,40	176,70
2	5.1.11	Boyalı kaynaklı demir direk (büyük aralıklı hava hattı)	Kg.	6.453	0,75	4.839,75	1,83	11.808,99	16.648,74
3	5.4.11	Boyalı demir travers (büyük aralıklı hava hattı)	Kg.	1.004	0,75	753,00	2,12	2.128,48	2.881,48
4	8	Gaz borusu, 2 1/2" (2.15 mt Boyunda)	Ad.	1	14,34	14,34	13,20	13,20	27,54
5	9.3.	Çelik-alüminyum iletken, SWALLOW AWG 3 (109.96 Kg/km)	Kg.	660	4,26	2.811,60	3,13	2.065,80	4.877,40
6	11.4	H.H. Mesnet izolatörü, 36 KV VHD 35 (20 mm/kV) normal tip	Ad.	56	23,89	1.337,84	7,82	437,92	1.775,76
7	11.5	izolatör demiri, C-35 (demir)	Ad.	56	3,74	209,44		0,00	209,44
8	11.6	H.H.Zincir izolatörü, K2 tipi	Ad.	54	16,34	882,36	3,96	213,84	1.096,20
9	11.8	Tek gergi tertibatı, swallow - 3/0	Tk.	18	11,46	206,28	8,78	158,04	364,32
10	15.2	Metaloksit parafudr, 36 kV 5 kA	Ad.	3	83,51	250,53	56,47	169,41	419,94
11	17.7	H.T.Sigortalı ayırıcı, 36 kV 630 A 12.5 kA	Ad.	1	656,25	656,25	358,30	358,30	1.014,55
12	17.8	H.T.Sigortalı topraklı ayırıcı, 36 kV 630 A 12.5 kA	Ad.	1	680,86	680,86	366,06	366,06	1.046,92
13	17.9	OG Sigorta patronu, 36 kV 2-20 A L=635 mm 0=45 mm	Ad.	6	36,75	220,50		0,00	220,50
14	24.4.2	HT AG Çıkış panosu, 50 kVA'lık 3x80 A Oto.şalterli	Ad.	1	1.149,61	1.149,61	421,86	421,86	1.571,47
15	25.8.1.3	Elektronik sayaç, kombi	Ad.	1	374,06	374,06	17,94	17,94	392,00
16	26.1	Tehlike levhası	Ad.	19	1,68	31,92	5,78	109,82	141,74
17	30.1	Galvanizli şerit le yapılan topraklama, 5 m şerit bunların gömülmesi	Ad.	20	25,36	507,20	105,46	2.109,20	2.616,40
18	30.2.1	Topraklama levhası ve gömülmesi	Ad.	1	18,36	18,36	69,54	69,54	87,90
19	30.2.2	50 mm^2 NYY Kablo ve gömülmesi	m.	20	4,24	84,80	3,80	76,00	160,80
20	31.4.3	Direk tipi trafo, 50 KVA 33/0,4-0,231 kV (28,5-34,5 kV)	Ad.	1	3.640,02	3.640,02	1.105,60	1.105,60	4.745,62
21	32.12	Yer altı kablosu, 3x25+16 mm^2 NYY (direğe)	m.	10	8,51	85,10	3,19	31,90	117,00
22	32.21	Kablo başlığı, 3x25+16 mm^2 (0.6/1 kV NYY)	Ad.	1	5,12	5,12	21,97	21,97	27,09
						18.840,24		21.779,27	40.619,51

EK-2

1 KW'lık bir güneş paneli sisteminin yatırım giderleri ve sabit masraf çizelgesi

Malzemenin Adı	Özelliği	Birim Fiyatı (YTL)	Adedi	Tutarı (YTL)	Kullanım ömrü (Yıl)	1 Yıllık maliyeti (YTL)
Güneş paneli	200 W, 1650 x 1000 x 35 mm boyutlarında, maximum 29 V, 6.8 A, silisyumlu mono kristal	1715	5	8575	40	214,38
Şarj kontrol cihazı	12/48 V - 60 A	134	1	134	10	13,40
İnverter	12 V-220 V 1000 W	310	1	310	10	31,00
Panel ayağı	Profilden yapılmış	120	4	480	25	19,20
Akümülatör	12 V 60 A	100	2	200	3	66,67
Kablo	Çift kanallı, çok telli 1 mm tesisat kablosu	1	20	20	25	0,80
Montaj		100	1	100	25	4,00
TOPLAM				**9.819**		**349,44**

KAYNAKLAR:

Anonymous, 2006. Elektrik İşleri Etüt İdaresi verileri

Anonymous, 2007a. http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell#_note-5

Anonymous, 2007b. http://optical-components.globalspec.com/LearnMore/Semiconductors/IC_Optoelectronics/Photovoltaic_Cells

Byrne, J. and Shen, B., 1998. The Economics of Sustainable Energy for Rural Development:A Study of Renewable Energy in Rural China. Energy Policy , Vol.26(1), pp. 45-54.

EK-3

TEDAŞ Geneli 2007 Yılı Fonsuz Tarifesi

1 — Dağıtım Şirketinden enerji alan iletim sistemi kullanıcısı tüketiciler

Sanayi			
Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece
Ykr/kWh	Ykr/kWh	Ykr/kWh	Ykr/kWh
9,388	9,328	16,082	4,471

İletim sistemine doğrudan bağlı tüketiciler ile İletim şalt sahalarının dağıtım şirketinin kullanımında olmayan OG baralarına müstakil fider ile mülkiyeti ve işletmesi kendisine ait hatlarla bağlı tüzel kişilere uygulanır.

Dağıtım Sistemi Kullanıcıları

2 — İletim şalt sahalarının dağıtım şirketinin kullanımındaki OG baralarına özel hattı ile bağlı tek bir tüzel kişi durumundaki kullanıcılar

Dağıtım Şirketinden enerji alan tüketiciler								Özel tedarikçiden enerji alan tüketiciler için sistem kullanım		
	Kapasite		Aktif Enerji							
	Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece	Reaktif Enerji		Aktif Enerji	Reaktif Enerji
	Ykr/Ay/kW	Ykr/Ay/kW	Ykr/kWh	Ykr/kWh	Ykr/kWh	Ykr/kWh	Ykr/kVARh		Ykr/kWh	Ykr/kVARh
Çift Terimli Tarife										
Sanayi	607	1.213	8,855	8,796	15,550	3,939	5,983			
Tek Terimli Tarife								**Tek Terimli Tarife**		
Sanayi			10,414	10,354	17,108	5,497	5,983	Sanayi	0,661	5,983
Ticarethane ve Diğer								Ticarethane ve Diğer		
Ticarethane			12,628	11,793	18,547	6,936	5,983	Ticarethane	0,661	5,983
Diğer 1			10,174	9,338	16,092	4,481	5,983	Diğer 1	0,661	5,983
Diğer 2			10,977	10,142	16,896	5,285	5,983	Diğer 2	0,661	5,983
Tarımsal Sulama			9,998	9,468	16,222	4,611	5,983	Tarımsal Sulama	0,661	5,983

3 — İletim şalt sahalarının dağıtım şirketinin kullanımındaki OG baralarına dağıtım şirketi hattı ile bağlı tek bir tüzel kişi durumundaki kullanıcılar

Dağıtım Şirketinden enerji alan tüketiciler								Özel tedarikçiden enerji alan tüketiciler için sistem kullanım				
	Kapasite		Aktif Enerji						Kapasite			
	Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece	Reaktif Enerji		Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Aktif Enerji	Reaktif Enerji
	Ykr/Ay/kW	Ykr/Ay/kW	Ykr/kWh	Ykr/kWh	Ykr/kWh	Ykr/kWh	Ykr/kVARh		Ykr/kW	Ykr/kW	Ykr/kWh	Ykr/kVARh
Çift Terimli Tarife								**Çift Terimli Tarife**				
Sanayi	607	1.213	9,348	9,289	16,043	4,432	5,983	Sanayi	607	1.213	0,787	5,983
Tek Terimli Tarife								**Tek Terimli Tarife**				
Sanayi			11,187	11,127	17,881	6,270	5,983	Sanayi			1,065	5,983
Ticarethane ve Diğer								Ticarethane ve Diğer				
Ticarethane			14,030	13,195	19,949	8,338	5,983	Ticarethane			1,065	5,983
Diğer 1			10,744	9,908	16,662	5,051	5,983	Diğer 1			1,065	5,983
Diğer 2			11,463	10,628	17,382	5,771	5,983	Diğer 2			1,065	5,983
Tarımsal Sulama			11,021	10,492	17,246	5,635	5,983	Tarımsal Sulama			1,065	5,983

4 — Diğer Tüm Dağıtım Sistemi Kullanıcıları

Dağıtım Şirketinden enerji alan tüketiciler								Özel tedarikçiden enerji alan tüketiciler için sistem kullanım				
	Kapasite		Aktif Enerji						Kapasite			
	Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece	Reaktif Enerji		Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Aktif Enerji	Reaktif Enerji
	Ykr/Ay/kW	Ykr/Ay/kW	Ykr/kWh	Ykr/kWh	Ykr/kWh	Ykr/kWh	Ykr/kVARh		Ykr/kW	Ykr/kW	Ykr/kWh	Ykr/kVARh
Çift Terimli Tarife								**Çift Terimli Tarife**				
Sanayi Orta Gerilim	607	1213	9,964	9,904	16,658	5,047	5,983	Sanayi Orta Gerilim	607	1213	1,228	5,983
Tek Terimli Tarife								**Tek Terimli Tarife**				
Sanayi								Sanayi				
Orta Gerilim			11,518	11,458	18,212	6,601	5,983	Orta Gerilim			1,661	5,983
Alçak Gerilim			11,629	11,569	18,323	6,712	5,983	Alçak Gerilim			1,661	5,983
Ticarethane ve Diğer								Ticarethane ve Diğer				
Ticarethane			14,505	13,670	20,423	8,812	5,983	Ticarethane			2,082	5,983
Diğer 1			11,600	10,764	17,518	5,907	5,983	Diğer 1			2,082	5,983
Diğer 2			11,969	11,133	17,887	6,276	5,983	Diğer 2			2,082	5,983
Mesken			12,405	11,673	18,427	6,816		Mesken			2,161	
Şehit Aileleri ve Muharip/Malul Gaziler			7,940									
K.Ö.İ. Mesken			11,600	10,867	17,621	6,010						
Tarımsal Sulama			11,187	10,658	17,412	5,801	5,983	Tarımsal Sulama			2,226	5,983
Aydınlatma			12,002					Aydınlatma			2,347	

5 — Tedarikçisine direk hatla bağlı tüketicilerin emreamade kapasite bedeli

Üreticisinin bağlantı durumuna göre	Emreamade Kapasite Bedeli
	Ykr/Ay/kW
2 nolu bağlantı durumu	175
3 ve 4 nolu bağlantı durumu	502

Üreticiler için dağıtım sistem kullanım bedeli

	Aktif Enerji	Reaktif Enerji
	Ykr/ kWh	Ykr/kVARh
2 nolu bağlantı durumu	0,262	5,983
3 ve 4 nolu bağlantı durumu	0,666	5,983

Dağıtım sistemine bağlı üreticilere tercih etmeleri halinde TEİAŞ tarafından belirlenen iletim bölgeleri bazındaki üretici fiyatları uygulanır.

Diğer-1: Hayır Kurumları, Dernekler, Vakıflar, Müzeler, Resmi Okullar,Resmi Yurtlar, Resmi Kurslar, Spor Tesisleri, Resmi Üniversite, Resmi Yüksek Okullar, Resmi Sağlık Kuruluşları, Kültür Balıkçılığı ve Kümes Hayvanları Çiftliği

Diğer-2: İçme ve kullanma suyu ve tarımsal amaçlı soğuk hava depoları

Çok zamanlı tarife uygulamasında Gündüz 06-17, Puant 17-22, Gece 22-06 saatleri arasıdır.
Emreamade kapasite bedeli tüketicinin kurulu gücü dikkate alınarak uygulanır.
Uygulanacak tarifeler her tüketici ve kullanıcı için ilgili bileşenlerden oluşan toplam tarifelerdir.
Reaktif enerji tarifesi ilgili usul ve esaslarda belirtilen şartlar dahilinde uygulanır.

* Fon pay vb. yasal yükümlülükler ayrıca ilave edilecektir.